



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
AUTOMÁTICA

ÁREA DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

DISEÑO DE UN MICRO-ROBOT DE COMPETICIÓN PARA PRUEBA DE LABERINTO

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL EN ELECTRÓNICA

AUTOR: **ALBERTO CELA CRIADO**

TUTOR: **GUILLERMO CARPINTERO DEL BARRIO**

Agradecimientos:

Aprovecho este espacio para dar las gracias y dedicarle este proyecto a mi tutor, Guillermo Carpintero Del Barrio por tres motivos fundamentalmente:

- 1) Por permitirme hacer realidad lo que en un principio fue tan sólo un bonito sueño.
- 2) Por estar ahí siempre que te he necesitado a lo largo del tiempo.
- 3) Por encarnar a la perfección eso de lo que nuestra universidad hace tanta gala, que es la excelencia.

Muchas gracias a mis padres, a mi hermano, a mis amigos y como no, a mi Marta, por su constante apoyo sin el cual me hubiese sido muy difícil poder finalizar este proyecto; y también a mis compañeros de Universidad, especialmente a el Mariano y el Nacho, por los buenos momentos pasados tanto dentro como fuera de las clases.



INDICE DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

- 1. MEMORIA**
- 2. PLANOS**
- 3. PLIEGO DE CONDICIONES**
- 4. PRESUPUESTO**



1. MEMORIA



Diseño de un Micro-Robot de Competición para Prueba de Laberinto
Proyecto Fin de Carrera de Alberto Cela Criado

Índice de la Memoria

Capítulo 1	
Objeto del proyecto	1
 Capítulo 2	
Motivación	3
2.1. Introducción	4
2.2. Antecedentes	4
2.3. Objetivos de diseño	5
2.4. Organización de la memoria	5
 Capítulo 3	
Estructura mecánica y alimentación	6
3.1. Estructura mecánica	7
3.1.1 Estructura de la placa base	7
3.1.2 Estructura de la placa de control	9
3.1.3 Interconexión del chasis y la placa de control	10
3.2. Movilidad de la estructura	10
3.2.1 Sistema de tracción diferencial	11
3.2.2 Caja reductora	12
3.3. Alimentación del robot	12
3.3.1 Baterías recargables de NiMH	13
3.3.2 Detector de batería baja	14
 Capítulo 4	
Sensores	15
4.1. Introducción	16
4.2. Telémetro de infrarrojos	16
4.3. Sistema de sensorial implementado	18
 Capítulo 5	
Estructura mecánica y alimentación	19
5.1. Motores de corriente continua	20
5.2. Control de los motores	21
5.2.1 Control en lazo cerrado	21
5.2.2 Modulación por ancho de pulso (PWM)	22
5.2.3 Puente en H	23
5.2.4 Circuito integrado L293B	24



Capítulo 6

Microcontrolador	27
6.1. ¿Qué es un microcontrolador?	28
6.2. Microcontrolador 68HC11 de Motorola	28
6.2.1 Comparadores del microcontrolador	29
6.2.2 Conversor analógico–digital (A/D)	31
6.3. Sistema microcontrolador desarrollado	32

Capítulo 7

Programación	34
7.1. Introducción	35
7.2. Tareas desarrolladas por el microcontrolador.....	35
7.2.1 Secuencia de RESET del programa	35
7.2.2 Control de la trayectoria del robot y búsqueda de la salida	38
7.3. Algoritmo de búsqueda de la salida del laberinto	45

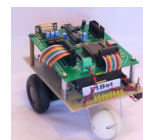
Capítulo 8

Etapas de diseño y conclusiones	48
8.1. Introducción	49
8.2. Diseño por objetivos	49
8.3. Desarrollo del concurso y conclusiones personales	51
8.4. Trabajo futuro	52

Bibliografía	53
---------------------------	-----------

Anexos	55
1. Diploma acreditativo del tercer premio	56
2. Reportaje en revista Carlos III num. 19 (pág. 21)	57
3. Artículo divulgativo para el concurso	58
4. Poster divulgativo para el concurso	59
5. Tríptico del concurso	60
6. Programa del microcontrolador	61
7. Hoja de características del sensor GP2D12	67
8. Hoja de características del driver L293B	70





Capítulo 1

OBJETO DEL PROYECTO





El objetivo de este proyecto es diseñar y construir un micro-robot que cumpla con los requisitos para participar en la prueba del laberinto del concurso de micro-robots de la Universidad de Alcalá, Alcabot 2002.

La prueba consiste en la navegación autónoma por un laberinto de 4x4 metros entre un punto de partida, situado en el interior del laberinto, y la salida. El plano del laberinto, cuyo diagrama se muestra en la figura 1.1, se conoce a priori y puede ser empleado en los algoritmos de guiado del robot. La posición de inicio se reserva hasta el día de la prueba. Gana el concurso el robot que realiza el trayecto en el menor tiempo

La normativa completa del concurso se puede ver en el Pliego de Condiciones de este proyecto.

Con motivo del artículo y el poster divulgativos realizados para el concurso, que se pueden consultar en los puntos 3 y 4 del Anexo, casi toda la Memoria de este proyecto ha sido sintetizada en sólo dos hojas.

El robot fue presentado al concurso celebrado los días 25 y 26 de Abril de 2002 en Alcalá de Henares, donde compitió con más de 30 robots de diversas universidades españolas, resultando **ganador del tercer premio**.

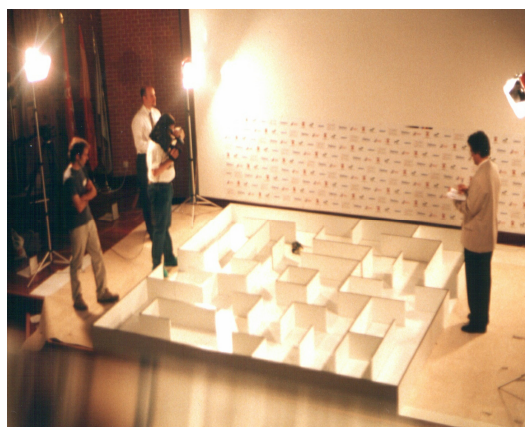
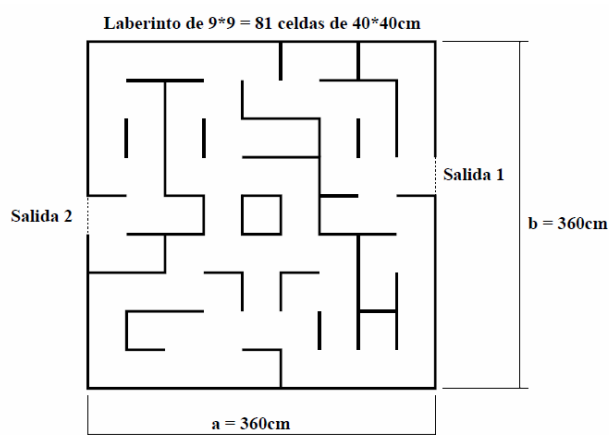
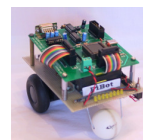


Fig. 1.1: Plano del laberinto

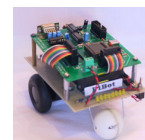
Fig. 1.2: Final de la prueba





Capítulo 2
MOTIVACIÓN





2.1. Introducción

¿Por qué un micro-robot?

La robótica es una de las aplicaciones más apasionantes de la electrónica.

Un micro-robot es un pequeño robot móvil que dotado de un microcontrolador se encarga de realizar una tarea sencilla que frecuentemente realiza el ser humano. Actividades como limpiar el suelo, cortar el césped o detectar minas enterradas pueden ser desarrolladas perfectamente por microbots. Entre sus características destacan que son móviles (se desplazan para realizar sus tareas), autónomos (no teledirigidos), de bajo coste, reducidas dimensiones y realizan tareas muy específicas.

Trabajar con micro-robots nos permite desarrollar un proyecto técnico desde el diseño hasta la implementación desde un punto de vista ameno y divertido. Por otra parte, y dado que el Proyecto Fin de Carrera constituye una síntesis y colofón a los conocimientos adquiridos en las materias cursadas, que mejor que diseñar y construir un sistema móvil autónomo que ya de por sí es capaz de reunir conocimientos de áreas de electrónica, automática, e informática además de un cierto grado de inteligencia artificial.

¿Por qué la prueba del laberinto?

En el certamen de micro-robots de Alcabot 2002, hubo un total de 5 pruebas: rastreadores - velocistas - laberinto - sumo - prueba libre.

Las principales características de cada una de las pruebas se pueden consultar en el punto 5 del Anexo a esta Memoria, con motivo del Tríptico del concurso.

La prueba del laberinto tiene el atractivo añadido y el reto de que se puede añadir al robot cierto nivel de inteligencia que le permita buscar la salida del circuito, y que en otras pruebas no existe (por ejemplo, velocistas) o se encuentra limitada en favor de la parte mecánica (rastreadores y luchadores de sumo). La prueba libre tiene el inconveniente de que no se puede competir con otros participantes bajo un mismo marco normativo.

2.2. Antecedentes

En Alcabot 2001 el laberinto tenía una entrada y una salida, y los robots tenían que entrar en el laberinto y salir en el menor tiempo posible.

La salida en esta prueba podía encontrarse utilizando un sencillo algoritmo de seguimiento de pared. La analogía para este algoritmo es imaginar una persona ciega





manteniendo una de sus manos (la izquierda o la derecha) sacada tocando la pared y siguiéndola hasta que encuentra el destino.

En cambio, en Alcabot 2002 el trazado del laberinto se ha diseñado de tal manera que siguiendo el algoritmo del año anterior, los robots quedarían encerrados en su interior dando vueltas sobre un mismo recorrido del circuito. Por tanto, se insta a los participantes del concurso a desarrollar nuevos algoritmos para que sus robots sean capaces de encontrar la salida del circuito.

2.3. Objetivos de diseño

El primer objetivo fue minimizar el peso y el tamaño del robot con el fin de lograr una mayor velocidad de avance y capacidad de maniobra, que le permita encontrar la salida del laberinto en el menor tiempo posible. Todo ello redundaba en dotar al conjunto de un menor consumo de energía, lo que permite el uso de baterías más pequeñas y ligeras.

En todo momento se ha buscado el equilibrio entre la electrónica de precisión y los componentes más sencillos, así como un diseño final de coste reducido.

En cuanto a el desarrollo del algoritmo que permita al robot encontrar la salida del laberinto, se buscó minimizar el código fuente para adaptarlo por completo a la memoria interna del microcontrolador, empleando para ello un enfoque original y creativo que dote al sistema de cierto grado de aleatoriedad controlada y propiedades emergentes, frente al enfoque más intensivo computacionalmente del mapeado del laberinto.

2.4. Organización de la memoria

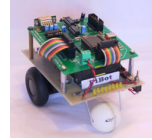
La memoria comienza mediante el apartado denominado Objeto del Proyecto, en el que se incluye la información precisa de forma breve y concisa para que cualquier especialista que lo lea pueda entender el problema técnico que se intenta resolver.

El presente capítulo trata de desvelar los motivos por los cuales se eligió este proyecto y no otro, así como los resultados de la búsqueda de información del anteproyecto (antecedentes) y los objetivos globales de diseño.

Los capítulos centrales describen de las diferentes partes del robot y su funcionamiento. Hablaremos por tanto de la estructura mecánica, sensores, motores, baterías, el microcontrolador y su programación.

Finalmente se presentan las conclusiones y se describe la experiencia de haber participado en el concurso de micro-robots organizado por la Universidad de Alcalá.

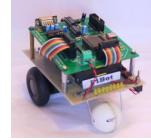




Capítulo 3

ESTRUCTURA MECÁNICA Y ALIMENTACIÓN





3.1. Estructura mecánica

Los robots móviles necesitan una estructura mecánica o chasis que constituya la plataforma en la que se alojan sus elementos principales: sensores, actuadores, controladores y baterías.

3.1.1 Estructura de la placa base

El chasis de nuestro micro-robot lo constituye la propia placa de tiras de fibra de vidrio sobre la que van montados mediante soportes atornillados los dos sensores laterales y la caja con las baterías así como, por soldadura, los componentes de la etapa de amplificación, regulación de tensión y visualización del estado de las baterías mediante la tira de diodos LED.

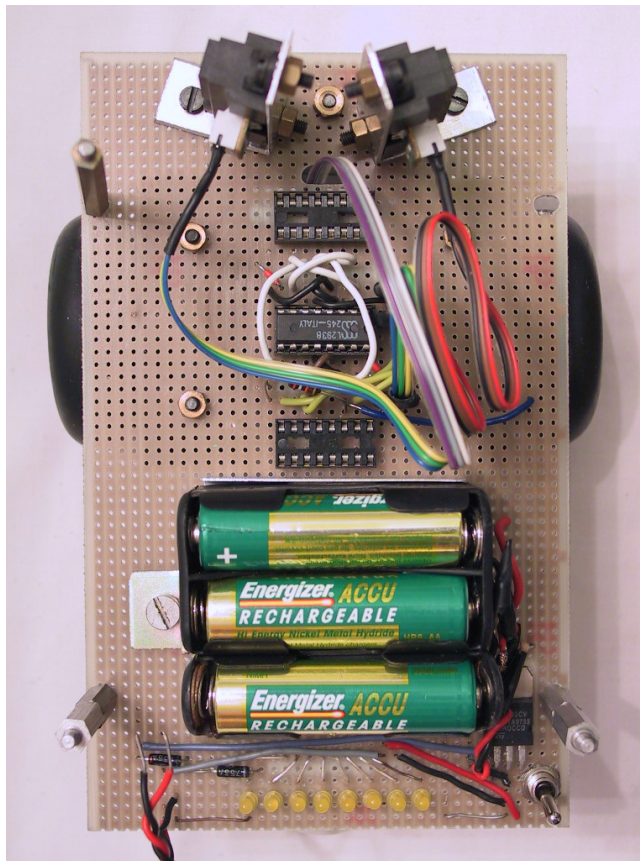
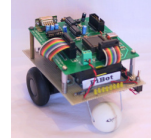


Fig. 3.1 Estructura del chasis del micro-robot (vista superior)

El diagrama de bloques de la estructura se puede consultar en el punto 1.1 de los Planos de este Proyecto.





En la parte inferior de la estructura mecánica se han atornillado las dos cajas reductoras de las ruedas motrices utilizadas para la tracción del micro-robot, mientras que la rueda libre esta construida con una pelota de ping-pong y un trozo de alambre unido por soldadura a la parte trasera de la plataforma. Además, se ha incorporado el sensor central atornillado mediante soporte a la parte delantera, de forma que se aprovecha aún más el espacio disponible para conseguir un diseño final de dimensiones muy reducidas, como se aprecia en la siguiente figura:

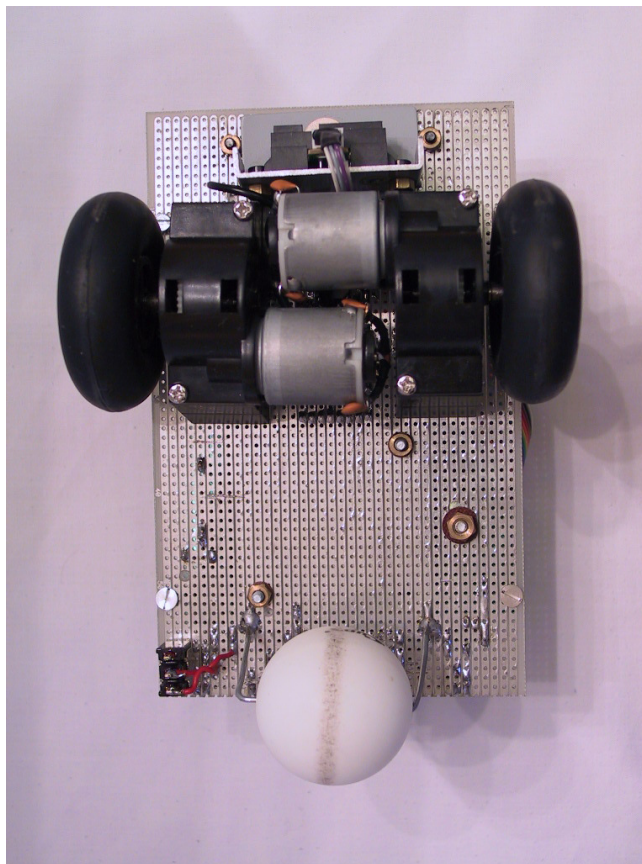


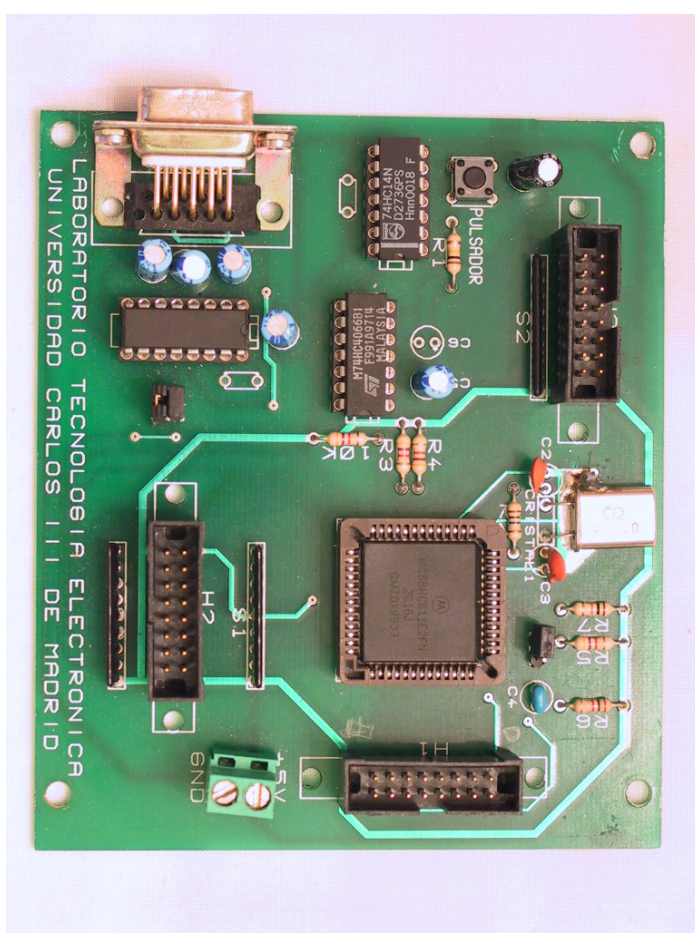
Fig. 3.2 Estructura del chasis del micro-robot (vista inferior)

La fibra de vidrio aporta poco peso al robot, lo que a su vez reduce el consumo eléctrico del sistema, y tiene suficiente robustez como para ser capaz de soportar colisiones imprevistas y otras posibles situaciones de estrés de la estructura.

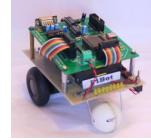
Con este diseño, se han optimizado los espacios libres entre los motores, sensores y la alimentación del sistema para añadir los componentes electrónicos de la etapa de potencia, así como los LEDs de visualización del estado de las baterías, el regulador de tensión y el interruptor de encendido del micro-robot.



La placa de control del micro-robot está hecha de circuito impreso en fibra de vidrio y contiene todos los elementos necesarios para el adecuado funcionamiento del microcontrolador, es decir, los conectores para alimentación, puertos de entradas y salidas así como de comunicaciones con un ordenador externo via puerto serie (para su programación) junto con su adaptador de niveles, además del circuito de reset, y el reloj del sistema.



El diagrama de bloques de la estructura se puede consultar dentro los Planos de este Proyecto.



3.1.3 Interconexión del chasis y la placa de control

La arquitectura final del micro-robot es del tipo "tarta de varios pisos", con las baterías y la placa de control sobre la base.

La integración de las dos plataformas se logra utilizando separadores metálicos, además de dos cables planos (buses) de 16 líneas cada uno, que corresponden a los puertos del microcontrolador que utilizamos para el control y lectura de actuadores y sensores, y un cable de alimentación y tierra, que se ha trenzado para reducir posibles inductancias parásitas, como podemos ver en la siguiente figura:

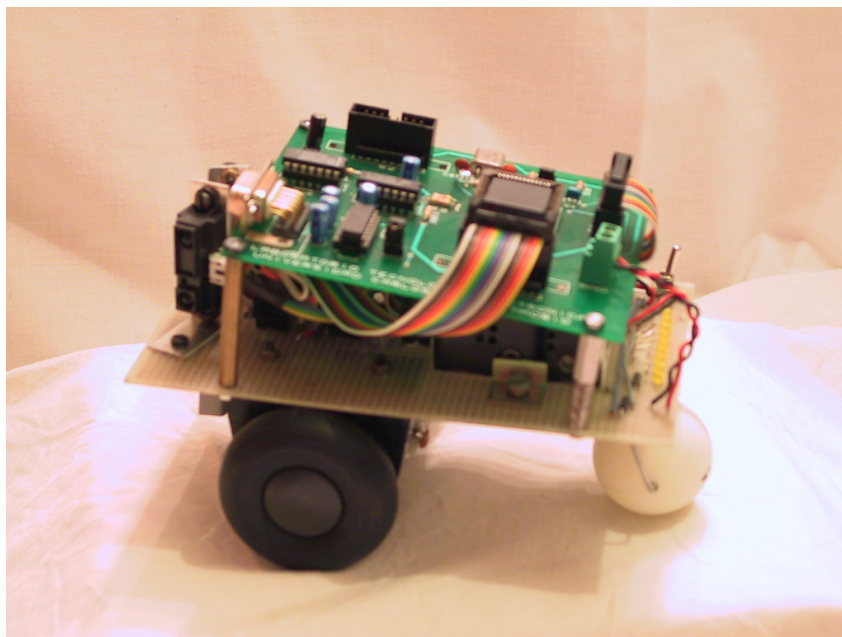


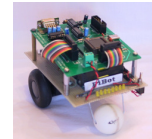
Fig. 3.4 Vista lateral del micro-robot

Las dimensiones finales del robot han sido de tan sólo 10 x 16 x 12 cm (ancho x largo x alto) y su peso 600 gramos, lo cual le ha conferido grandes ventajas competitivas de cara al concurso con otros robots.

3.2. Movilidad de la estructura

A la hora de diseñar la tracción del micro-robot, podemos optar por una arquitectura de triciclo, formada por dos ruedas de tracción y una de dirección independientes o por una estructura similar a los coches tradicionales formada por dos ruedas tractoras con control de la dirección y dos ruedas sin tracción, o por una estructura formada por dos ruedas a tracción independientes y una rueda libre como la que se muestra en el diagrama de la figura 3.5 que es el que hemos utilizado para nuestro robot.





Con este tipo de estructura el micro-robot puede realizar maniobras de escape en los callejones sin salida del laberinto de manera rápida y sencilla.

3.2.1 Sistema de tracción diferencial

La estructura que se ha elegido para nuestro micro-robot nos permitirá la realizar movimientos hacia adelante, hacia atrás, giro a la derecha, giro a la izquierda y así como el giro sobre su propio eje.

El sistema motriz diferencial está formado por dos ruedas accionadas por motores colocadas en la parte delantera del robot, más una rueda libre situada en la parte trasera para evitar que la plataforma bascule.

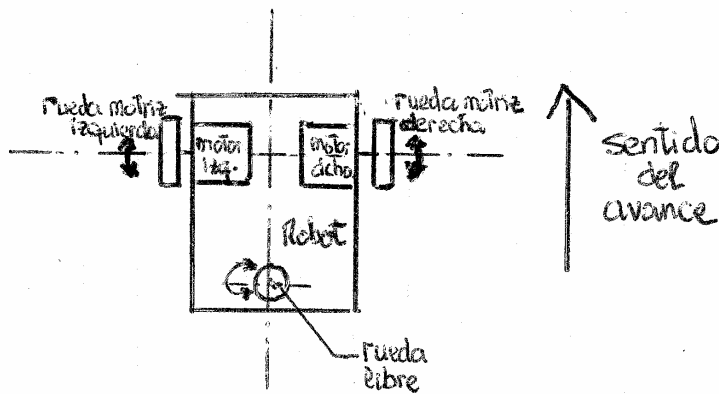


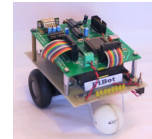
Fig. 3.5 Estructura de tracción diferencial

Con este tipo de sistema el control de la trayectoria del vehículo se consigue ajustando la velocidad de giro de ambas ruedas. Así, cuando ambas ruedas giran con idéntica velocidad y en el mismo sentido, el vehículo describe una línea recta; mientras que si las velocidades difieren o tienen sentido opuesto, el robot describe una trayectoria curvilínea. Por tanto, este sistema permite que el robot gire sobre sí mismo, es decir, sobre un eje vertical al plano del vehículo, pasando por el centro geométrico del eje que une las ruedas del robot.

Como rueda libre, se ha optado por una pelota de ping-pong unida a la estructura con un trozo de alambre rígido, con capacidad para rodar y deslizarse fácilmente por la superficie lisa del suelo del circuito de la prueba del laberinto.

Respecto a las ruedas motrices que se han utilizado para la tracción del robot son recicladas de un juguete (de bajo coste) y están formadas por un pequeño motor de corriente continua acoplado a cada rueda a través de una caja reductora que proporciona





una velocidad más baja y un par de salida más elevado, puesto que los motores de CC. proporcionan velocidades de giro de salida considerables.

3.2.2 Caja reductora

La caja de transmisión está formada por una corona (el engranaje grande) de 42 dientes y un piñón (engranaje pequeño) de 12 dientes que disminuyen la velocidad en un cuarto ($12/48$). Como hay tres pares tal y como podemos ver en la figura 3.6 el tren completo reduce la velocidad en $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = 1/64$. Por tanto, cada 64 giros del motor, las ruedas del mismo darán una sola vuelta.

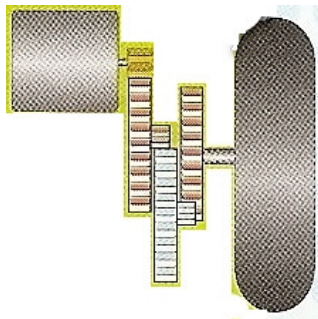


Fig. 3.6 Tren de engranajes de la caja reductora

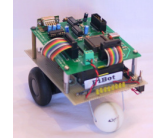
Con esta configuración conseguimos que los motores del robot, que inicialmente giran a 700 rpm. pasen a tener una velocidad muy inferior de unas 112 revoluciones por minuto, que proporcionan finalmente una velocidad de avance a todo el conjunto de unos 40 cm/s al alimentarlo con 7.2 voltios, es decir, una celda del laberinto a cada segundo. Cabe recordar que el laberinto del concurso está formado por 9 x 9 casillas de 40 x 40 cms. (en total 81 celdas), como podemos ver en el plano del mismo contenido en el Pliego de Condiciones de este Proyecto.

3.3. Alimentación del robot

Para la alimentación del robot se valoraron diversas opciones entre las que destacan las pilas recargables, frente a las convencionales dado que nos permitieron hacer un mayor número de pruebas durante la fase de I+D del robot a un coste muy inferior en perspectiva. Dentro de las baterías recargables, se optó por las de NiMH frente a las de NiCd por tener mayores densidades de energía por celda, además de un menor “efecto memoria” (reducción de su capacidad efectiva si no se ha descargado por completo la pila antes de iniciar una recarga).

En cuanto a las baterías de ion Litio tienen muchas ventajas entre las que destacan su bajo peso, elevada densidad de energía, nulo efecto memoria, descarga lineal





(mientras la batería se está descargando su voltaje varía muy poco, no necesitando de un regulador de voltaje), pero se descartaron debido a su elevado precio.

3.3.1 Baterías recargables de NiMH

Se han empleado 6 pilas de 1.2 V y 1600 mAh de NiMH para la alimentación de todo el micro-robot. Dado que el consumo total del mismo se estima en 500 mA, la autonomía del robot sería de 3 horas, aproximadamente (suficiente para no tener que cambiarlas en todo el concurso).



Fig. 3.7 Baterías de alimentación del robot

Para evitar el posible ruido eléctrico de la tensión de alimentación se ha separado la parte lógica (circuitos integrados) y los sensores, que trabajan a una tensión de 5 V proporcionada por un regulador lineal de tensión, de la parte de los motores, que e alimentan a 7.2 V directamente de las baterías.

El regulador mantiene una tensión de salida estable a medida que las pilas se van descargando, como se puede ver en el siguiente diagrama:

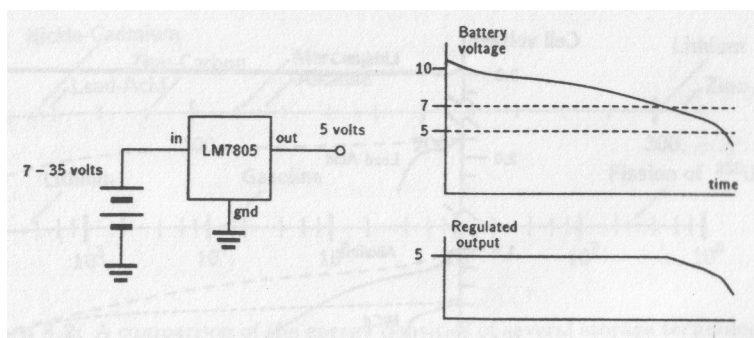
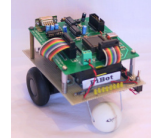


Fig. 3.8 Curva de descarga de las baterías y salida regulada.



3.3.2 Detector de batería baja

Se ha dotado al bloque de alimentación de un indicador de batería baja, que está constituido por un sencillo divisor de tensión, y que ha sido diseñado para que cuando la tensión de las pilas sea inferior a un determinado umbral, fijado en 6.5 V, el microcontrolador del robot lo detecte a través de una de sus entradas a su conversor A/D interno, como puede apreciar en el esquema de la figura 3.9

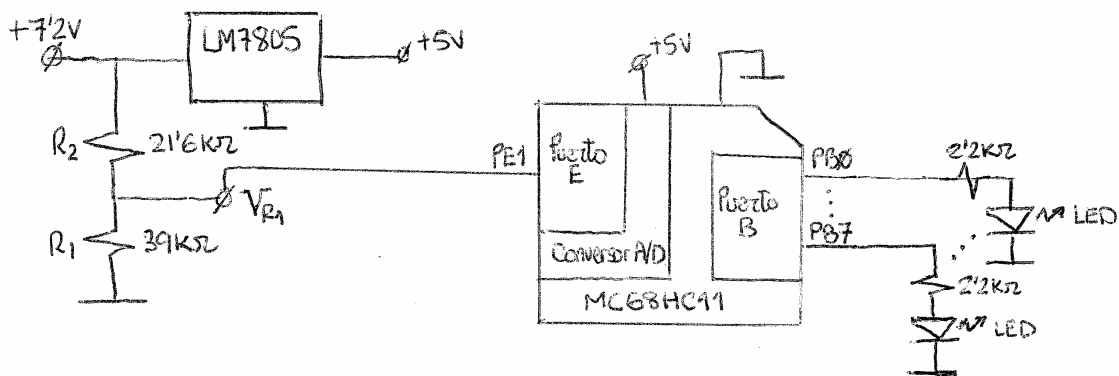
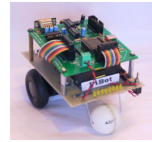


Fig. 3.9 Sensor de batería baja con conexión al microcontrolador y salida por LEDs

El microcontrolador genera la señal de aviso para el necesario cambio de pilas (antes de que se empiecen a agotar, poniendo en riesgo el adecuado funcionamiento del micro-robot) a través de una secuencia de luces que genera a través de los diodos LED que han sido conectados a la salida de uno de sus puertos, como se ve en el diagrama de la figura anterior.



Capítulo 4
SENSORES





4.1. Introducción

Independientemente de la magnitud que miden, los sensores se pueden agrupar en dos grandes categorías: detectores y transductores.

Los detectores son sensores cuya salida tiene únicamente dos estados, es decir, por ejemplo, si un robot ha chocado con un obstáculo o no; mientras que los transductores tienen una salida que varía de forma continua dentro de un rango de valores, por ejemplo una distancia se puede transformar en una tensión variable entre 0 y 5 V.

Aunque los sensores todo/nada tiene la ventaja de su precio, nuestro robot ha sido dotado de télmetros con el fin de implementar diversos comportamientos como el seguimiento de paredes, detección de obstáculos, cambios de las paredes a seguir, etc. utilizando la distancia como parámetro de control, así como para conseguir tener una mayor precisión en su posicionamiento.

Los télmetros de infrarrojos son adecuados para medir distancias cortas (del rango de unos cuantos centímetros). Teniendo en cuenta que las paredes del laberinto tienen 40 centímetros de ancho, queda clara su elección frente a los sensores de ultrasonidos, que pueden alcanzar rangos de varios metros.

4.2. Télmetro de infrarrojos

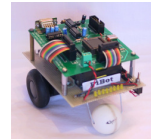
Aunque es posible construir un télmetro empleando componentes electrónicos, se ha optado por usar módulos integrados dada su buena precisión, coste y reducido tamaño. En concreto, se ha escogido la gama de télmetros de Sharp por ser la mas extensa y asequible. Dentro de esta familia, encontramos télmetros analógicos y digitales.



Fig. 4.1 Télmetro GP2D12 de Sharp

Se ha elegido el modelo con salida analógica, que encaja perfectamente con el conversor A/D interno del microcontrolador de Motorola, y que además es capaz de proporcionarnos lecturas continuas de las distancias en cortos intervalos de tiempo, de unos 40 ms. (frente a los 75 ms. del modelo con salida digital), suficientes para lograr el control en tiempo real de la trayectoria del robot cuando está siguiendo las paredes y detectando obstáculos mientras recorre el interior del laberinto en busca de la salida.

El GP2D12 es capaz de medir distancias de 10 a 80 cms., más que suficiente para los 40 cms. de ancho de las calles del laberinto, y su salida analógica varía entre los



0.4 y 2.4 V con lo cual se han conectado directamente los tres sensores del micro-robot que detectan las distancias a las paredes laterales y frontales, a los puertos del conversor A/D del microcontrolador como se puede ver en el siguiente esquema:

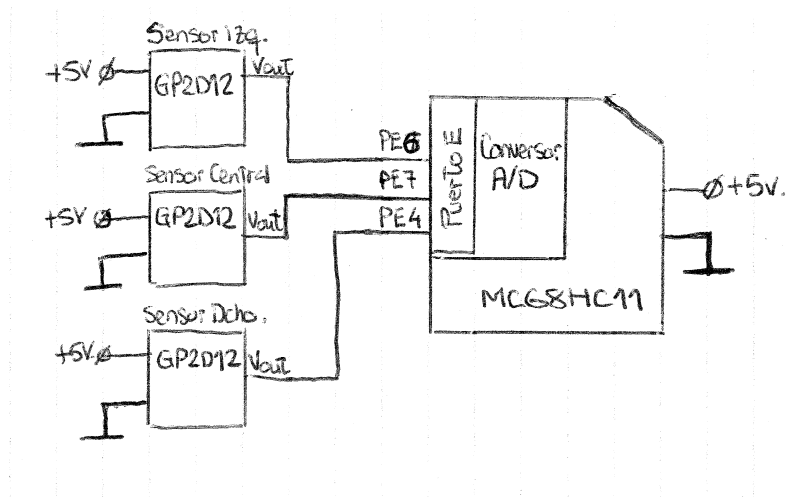


Fig. 4.2 Conexión de los sensores al conversor A/D del microcontrolador

Estos telémetros tienen un consumo medio de 33 mA y no necesitan un circuito de control externo, a diferencia de su modelo análogo digital (GP2D02).

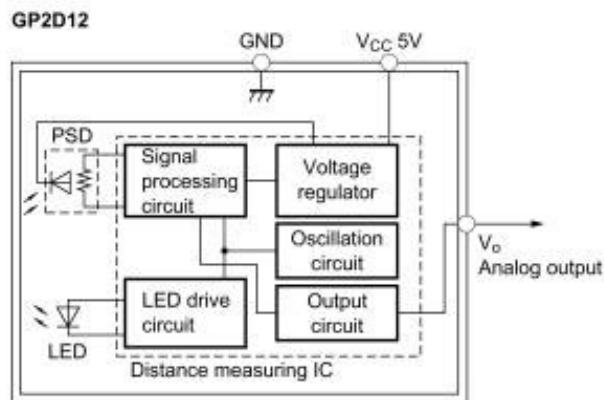


Fig. 4.3 Diagrama de bloques Interno del GP2D12

El principio de funcionamiento del sensor es por triangulación de la luz que rebota sobre el objeto. El elemento a la izquierda del sensor según vemos la figura 4.4 es un led infrarrojo que emite un haz que será reflejado por el objeto y posteriormente recogido por el elemento situado a la derecha. Este último se conoce como PSD (Sensor Detector de Posición). El haz de luz incide con un ángulo diferente en función de la distancia del sensor. Este ángulo de incidencia es captado por una película lineal fotosensible que proporciona un valor analógico a la salida en función de la posición en la que el rayo de luz impacta.

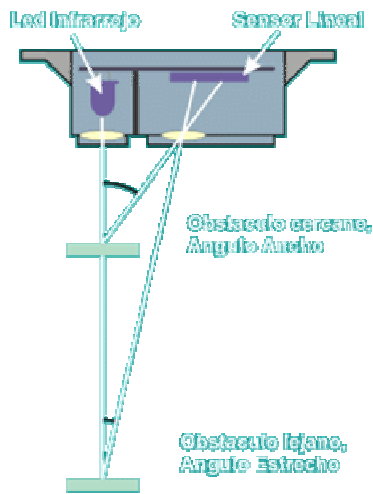
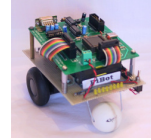


Fig. 4.4 Medida de distancias por triangulación

4.3. Sistema de sensorial implementado

El robot necesita detectar o seguir las paredes que se va encontrando en su camino a derecha, izquierda y centro para ser capaz de recorrer sus calles con agilidad. Para ello, se ha diseñado un sistema compuesto por tres télmetros de infrarrojos situado a la derecha, izquierda y centro respectivamente.

La disposición de los sensores respecto a la plataforma del robot se puede ver en la figura 4.5, donde también podemos observar que los sensores laterales se adelantan unos 15 grados respecto a la visión frontal de las paredes con el fin de conseguir una trayectoria final del robot más estable (con menos oscilaciones) especialmente cuando tenga que realizar el trazado de las curvas a 90° y los giros a 180° .

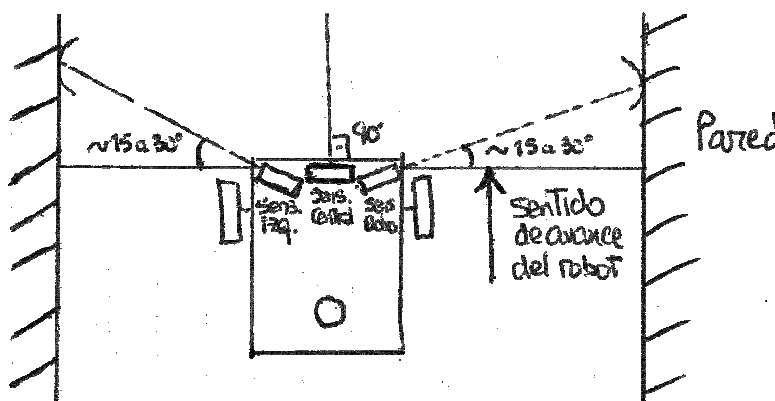
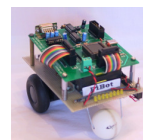
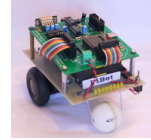


Fig. 4.5 Sistema de sensores del micro-robot



Capítulo 5
MOTORES





5.1. Motores de corriente continua

En un robot móvil los motores son los responsables de alterar el comportamiento exhibido por el micro-robot, generando su trayectoria a partir de señales procedentes del microcontrolador.

En nuestro robot se han utilizado motores de corriente continua que podemos ver en la figura 5.1, para transformar la energía eléctrica de las baterías (también de CC.), en energía mecánica.



Fig. 5.1 Motor de corriente continua

Se ha dotado a los motores de CC. de condensadores para suprimir el ruido causado por los picos de tensión originados en las inductancias de los mismos tras su control mediante señales moduladas por ancho de pulso, así como para evitar que la fricción de las escobillas en el colector pueda interferir con la circuitería electrónica.

Para ello, se han soldado tres condensadores de cerámica de 100nF cada uno entre el positivo y la carcasa uno, negativo y carcasa otro, y entre positivo y negativo el tercero, como se aprecia en el diagrama de la figura 5.2

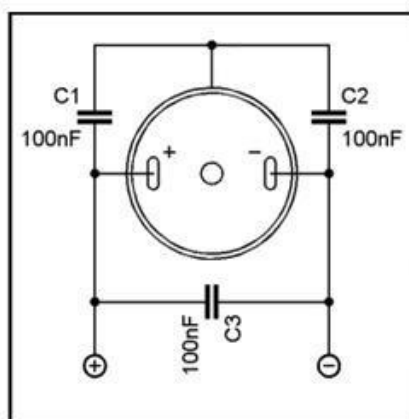
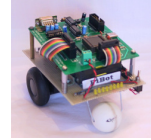


Fig. 5.2 Conexión de los condensadores al motor



Además se ha dotado a cada motor de una caja reductora, cuyas características ya se explicaron en el Capítulo 3.

5.2. Control de los motores

Dado que el microcontrolador no puede manejar los motores directamente, ya que no puede entregar suficiente corriente por sus salidas, se ha utilizado un circuito capaz de acondicionar dichas señales, de manera que la energía que necesitan los motores proviene directamente de las baterías del robot y sólo las señales de control derivan del microcontrolador.

5.2.1 Control en lazo cerrado

El control de la velocidad de giro de los motores mediante el circuito acondicionador de señales (amplificador) nos permitirá, junto con la información aportada por los sensores, la navegación del robot por el interior del laberinto manteniendo una distancia constante a una pared para poder seguirla, o bien para realizar reducciones de su velocidad ante la presencia de obstáculos (paredes frontales). Por otra parte, el control del sentido de giro de los motores mediante el mismo dispositivo, nos facilitará que el robot pueda realizar giros sobre sí mismo cuando se encuentre en presencia de por ejemplo, callejones sin salida.

De esta forma se dotado al robot de un sistema de regulación en lazo cerrado, que es aquel cuyas entradas están determinadas, al menos en parte, por las salidas o respuesta del sistema, tal y como se muestra en el siguiente diagrama de bloques:

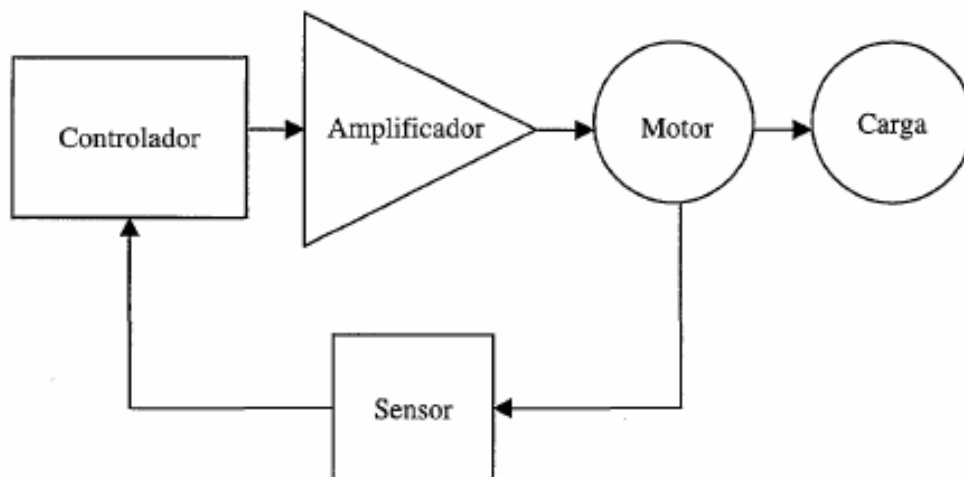
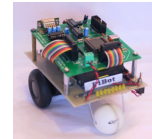


Fig. 5.3 Sistema de control en lazo cerrado



5.2.2 Modulación por ancho de pulso (PWM)

La reducción de la velocidad de motor en unas condiciones de carga determinadas, se consigue reduciendo la tensión de alimentación del motor, de manera que para controlar la velocidad del robot habrá que controlar el valor de la tensión de sus motores. Para lograrlo de manera eficiente se ha utilizado el método de modulación por anchura de pulso o PWM (Pulse Width Modulation).

En dicho método el motor se alimenta con una tensión que, en lugar de ser continua todo el tiempo, conmuta entre dos estados (encendido y apagado) de manera que si las transiciones se realizan lo suficientemente rápido (en nuestro caso, una frecuencia de 50 Hz. es suficiente para que el robot no avance “a tirones”) el motor no tiene tiempo de reducir su velocidad a cero. En la práctica la tensión de alimentación está constituida por un tren de pulsos cuadrados en el que siempre se mantiene el valor máximo (amplitud de pulso) pero se controla el ancho de los pulsos. De este modo se modifica el valor medio de la tensión que se suministra a cada motor.

En la figura 5.4 podemos observar el aspecto típico de la tensión con modulación de anchura de pulso aplicada en bornes del motor, donde el valor medio de la señalización vendrá dado por:

$$V_{med} = \frac{1}{T} \int V(t) dt$$
$$V_{med} = \frac{1}{T} \int_0^{t_{on}} V_{max} \cdot dt = \frac{1}{T} \cdot V_{max} \cdot t_{on} = d \cdot V_{max}$$
$$d = \frac{t_{on}}{T} \text{ (ciclo de trabajo)}$$

Donde d es el denominado ciclo de trabajo, y será el parámetro que controla la variación de la tensión media, puesto que tanto la tensión máxima como la frecuencia de modulación de la señal permanecerán constantes.

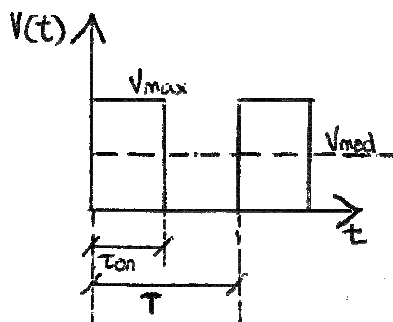
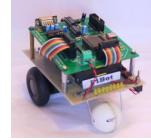


Fig. 5.4 Características de la señal PWM.



En la siguiente figura se puede ver una señal modulada por ancho de pulsos, mostrando la tensión media resultante para cada uno de los distintos ciclos de trabajo:

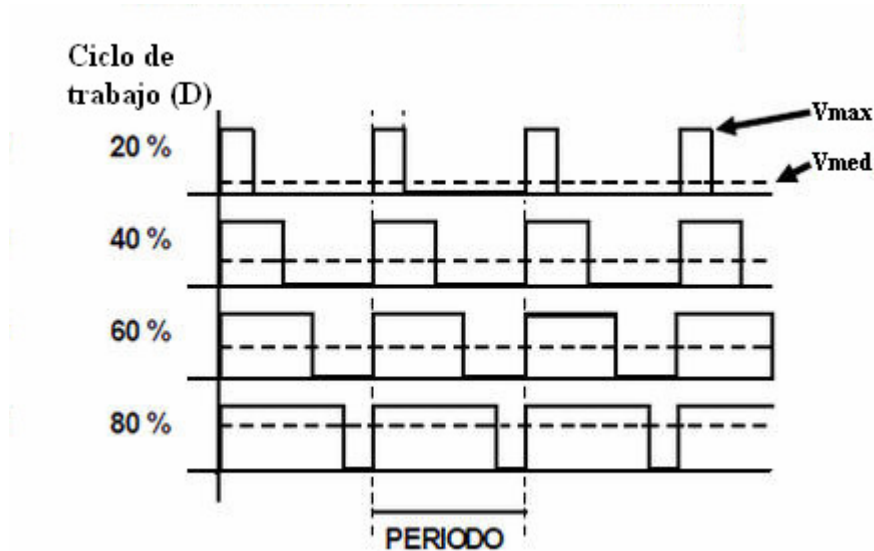


Fig. 5.5 Señal PWM con distintos ciclos de trabajo

5.2.3 Puente en H

El control de la velocidad y sentido de giro de los motores se ha implementado mediante un circuito de conmutación denominado puente en H.

El puente en H recibe este nombre porque esquemáticamente se puede representar como una H, en la que el tramo horizontal estaría conectado el motor y en los otros cuatro tramos rectos verticales, se conectan cuatro interruptores, como se aprecia en el siguiente esquema:

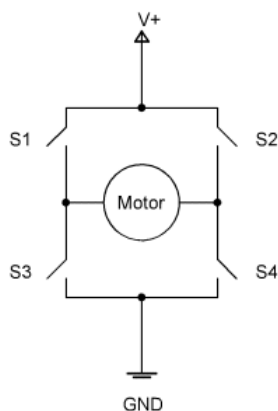
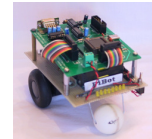


Fig. 5.6 Diagrama de puente en H





Un puente H se construye con 4 interruptores (transistores). Cuando los interruptores S1 y S4 están cerrados (y S2 y S3 abiertos) se aplica una tensión positiva en el motor, haciéndolo girar en un sentido. Abriendo los interruptores S1 y S4 (y cerrando S2 y S3), el voltaje se invierte, permitiendo el giro en sentido inverso del motor, tal y como podemos ver en la figura 5.7

Con la topología que estamos usando, los interruptores S1 y S2 nunca podrán estar cerrados al mismo tiempo, porque esto cortocircuitaría la fuente de tensión. Lo mismo sucede con interruptores S3 y S4.

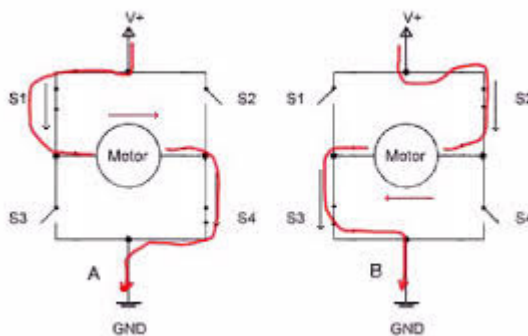


Fig. 5.7 Funcionamiento del puente en H

Para el diseño de este driver pueden utilizarse componentes discretos tales como transistores bipolares o MOSFETs de potencia. En nuestro caso hemos utilizado un circuito integrado que contiene dos puentes en H para el control simultáneo de los dos motores del micro-robot.

5.2.4 Circuito integrado L293B

El L293B de SGS-Thomson es un *driver* de 4 canales capaz de proporcionar una corriente de salida de hasta 1A por canal. Cada canal es controlado por señales de entrada compatibles TTL y cada pareja de canales dispone de una señal de habilitación que desconecta las salidas de los mismos.

Dispone de una patilla para la alimentación de los actuadores que se están controlando, de manera que dicha alimentación es independiente de la lógica de control.

En la Figura 5.8, se muestra el diagrama de bloques del L293B. La señal de control EN1 activa la pareja de canales formada por los *drivers* 1 y 2. La señal EN2 activa la pareja de *drivers* 3 y 4. Las salidas OUTn se asocian con las correspondientes INn. Las señales de salida son amplificadas respecto a las de entrada tanto en tensión, como en corriente (máx. 1 A). En la figura 5.9 se muestra el funcionamiento para cada uno de los *drivers*.



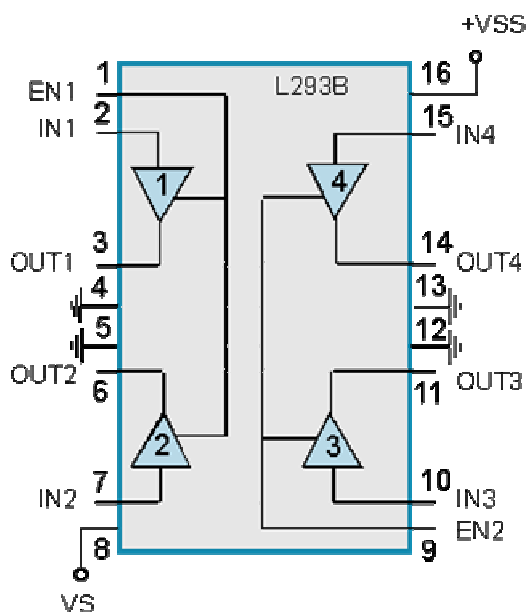
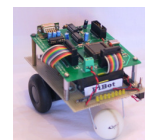


Fig. 5.8 Diagrama de bloques del C.I. L293B

V_{Inn}	V_{OUTn}	V_{ENn}	<u>Función:</u>
H	L	H	Giro a la derecha
L	H	H	Giro la izquierda
H	Z	L	Motor desconectado
L	Z	L	Motor desconectado

Leyenda: H= Nivel alto "1", L= Nivel bajo "0", Z = Alta Impedancia

Fig. 5.9 Tabla de funcionamiento del *driver*

En nuestro caso hemos utilizado este circuito dejando permanentemente habilitadas las entradas de inhibición (EN1 y EN2), de manera que la aplicación del método de variación de la tensión media mediante modulación por ancho de pulsos para el control de la velocidad y el sentido de giro de los motores del robot, se ha implementado empleando las cuatro líneas de control que resultan de conectar las señales IN1-4 (pines 2, 7, 15 y 10) del circuito acondicionador a los pines PA3, PA4, PA5 y PA6 del microcontrolador, tal y como podemos ver en el esquema de la figura 5.10.



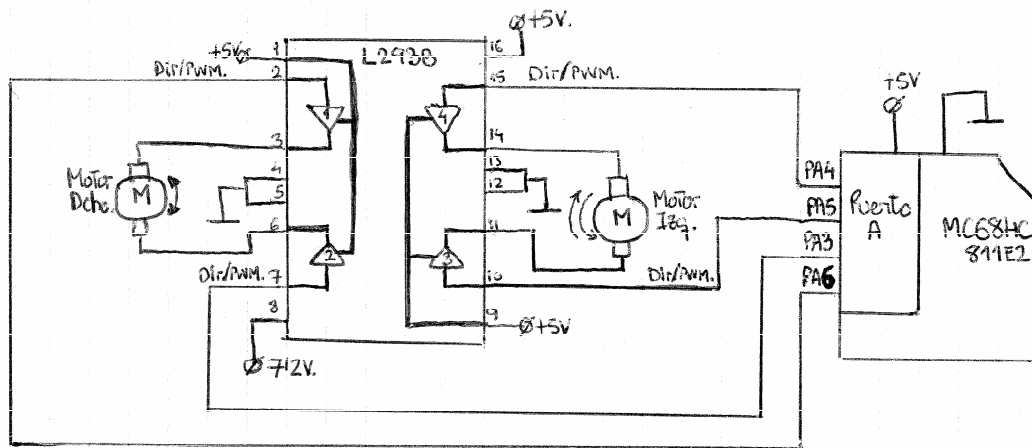
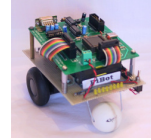
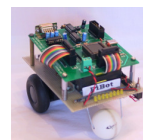


Fig. 5.10 Diagrama de conexiones para el control de los motores con el L293B y el microcontrolador

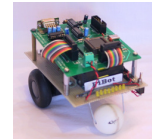
El motor derecho se encuentra conectado a los drivers 1 y 2, que están controlados por las líneas del Puerto A del microcontrolador PA3 y PA6, mientras que el motor izquierdo se conecta a los drivers 3 y 4, que están controlados por las líneas PA4 y PA5.

Las señales PWM procedentes del MC68HC11 se aplican por las salidas del Puerto A para obtener el movimiento del robot necesario para navegar por el interior del laberinto siguiendo las paredes y detectando los obstáculos.



Capítulo 6
MICROCONTROLADOR





6.1. ¿Qué es un microcontrolador?

El microcontrolador es el encargado de procesar la información obtenida por los sensores y actuar en consecuencia modificando la trayectoria del robot para conseguir su objetivo de encontrar la salida del laberinto.

Un microcontrolador se caracteriza por incorporar en un solo circuito integrado una unidad central de proceso (CPU) además de una serie de recursos internos. La CPU permite que el microcontrolador pueda ejecutar instrucciones almacenadas en una memoria. Los recursos internos son memoria RAM, ROM, EEPROM, puerto serie, puertos de entrada/salida, temporizadores, comparadores, capturadores, etc. Se puede decir que es una evolución del microprocesador, al añadirle a este último las funciones que antes era necesario situar externamente con otros circuitos. En definitiva, un microcontrolador es un circuito integrado independiente que nos facilita la tarea de diseño y reduce el espacio, redundando todo ello en una aplicación final más económica y estable.

6.2. Microcontrolador 68HC11 de Motorola

El MC68HC11 es un microcontrolador con una CPU de 8 bits, una frecuencia de bus de 2 Mhz y una serie de recursos internos que en el caso de nuestro modelo, el MC68HC811E2 son básicamente los siguientes:

- 256 bytes de memoria RAM
- 2 Kbytes de memoria EEPROM
- 5 puertos de 8 bits, con pines de entrada, salida y de entrada/salida
- Conversor analógico–digital de 8 canales y 8 bits de resolución.
- Una UART para comunicaciones serie asíncronas (SCI)
- Un módulo de comunicaciones serie síncronas (SPI)
- 5 comparadores con salida hardware
- 3 capturadores de entrada
- Un acumulador de pulsos externos de 8 bits
- Temporizador principal de 16 bits
- Interrupciones en tiempo real
- 2 entradas de interrupciones externas

Esta familia está fabricada sobre tecnología HCMOS, combinando un tamaño reducido y elevadas velocidades con un consumo mínimo de potencia y alta inmunidad al ruido.

Para el diseño de nuestro robot, se ha utilizado el modelo HC811E2 de la familia, básicamente por ser el único que posee 2048 bytes de memoria EEPROM (los demás tienen como máx. 512 bytes), que utilizaremos para introducir todo el código de programa que guiará al robot por el trazado del laberinto hasta encontrar su salida, en un tiempo limitado.



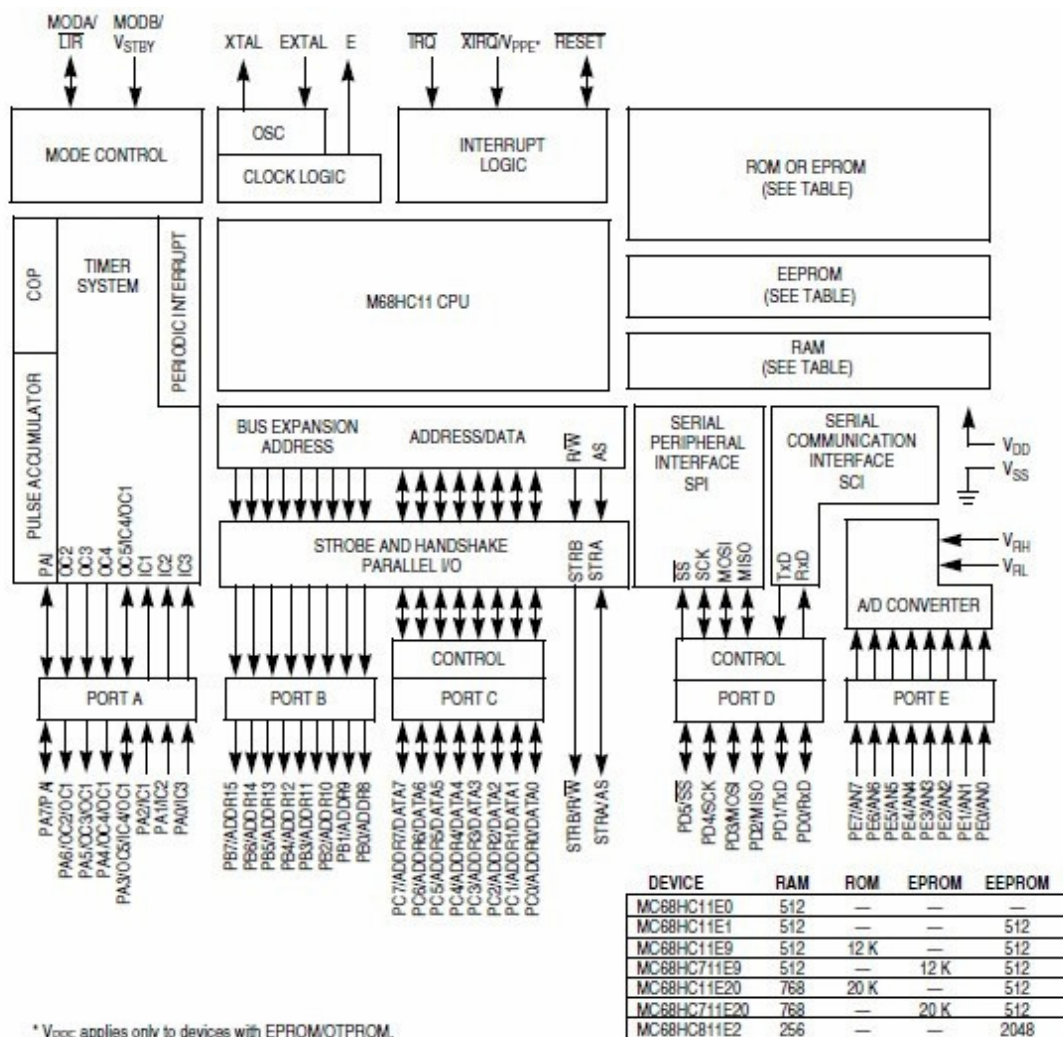
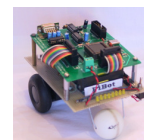


Fig. 6.1 Diagrama de bloques interno del MC68HC11

A continuación se describirán dos de los recursos internos del microcontrolador utilizados de manera decisiva en el diseño de nuestro robot: los comparadores y el convertidor A/D.

6.2.1 Comparadores del microcontrolador

Existen 5 comparadores independientes de 16 bits en el microcontrolador. El funcionamiento de cada comparador es el siguiente: Se introduce un valor en sus registros correspondientes. El temporizador principal se va incrementando. Cuando el valor del temporizador es igual al de algún comparador, se produce una interrupción (si están habilitadas) y se modifica opcionalmente el estado lógico de un pin del microcontrolador, como se aprecia en la figura 6.2.



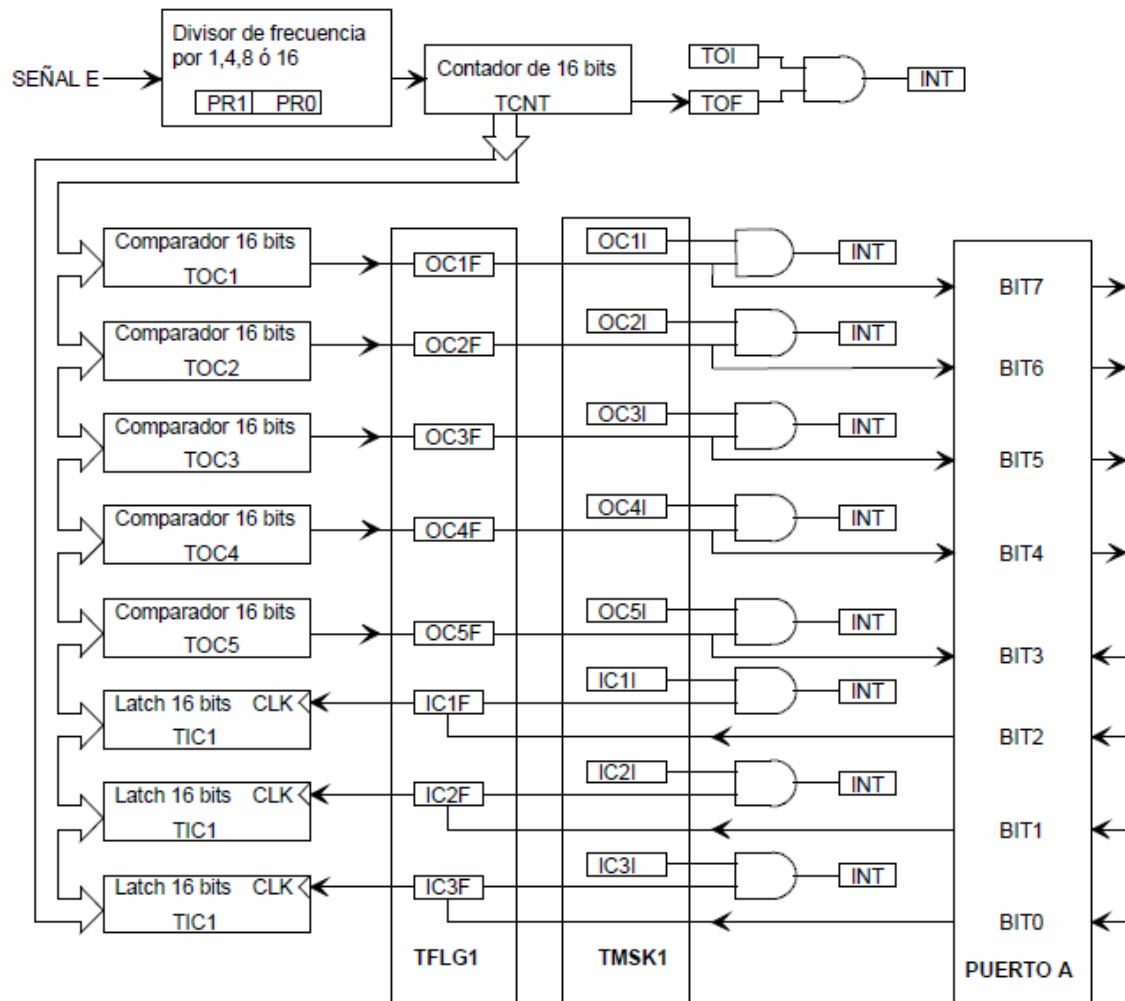
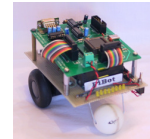
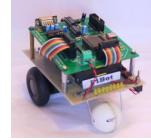


Fig. 6.2 Diagrama de bloques interno del temporizador principal

Puesto que los comparadores son independientes, existe una interrupción para cada uno que se puede enmascarar mediante un bit situado en el registro de máscara de interrupciones TMSK1 (\$1022). El registro de interrupciones TFLG1 (\$1023) contiene las banderas de interrupción: los bits que se activan cuando se produce alguna de las interrupciones de los comparadores, bits que deben ser puestos a cero antes de terminar la rutina de servicio de interrupción.

Cuando el valor del comparador es igual al del temporizador, se produce una acción determinada en el pin sobre el que está actuando el comparador. Existen 4 acciones posibles que se seleccionan mediante 2 bits para cada comparador. Estos bits se encuentran en el registro TCTL1 (\$1020). Las acciones posibles son: No afectar al pin correspondiente, poner el pin a '1', poner el pin a '0' y cambiar de estado el pin.

La salida hardware está activa cuando al activarse el comparador se produce una acción sobre el pin de salida asociado. En caso contrario se dice que la salida hardware está inhibida. En este sentido el comparador 1 es diferente al resto puesto que él puede



actuar sobre los cinco pines de salida simultáneamente. Los otros sólo actúan sobre su pin asociado.

Por defecto (Al hacer RESET) los comparadores se inicializan con los valores \$FFFF y no realizan ninguna acción sobre los pines (Están desconectados). Con esta configuración, los bits 6, 5, 4 y 3 del puerto A se pueden utilizar como salida normal (el puerto A comparte estos pines con el comparador). Sin embargo, cuando los comparadores están configurados para salida hardware no es posible cambiar el estado del pin escribiendo un valor en el bit adecuado del puerto A.

La acción "Cambiar estado del pin" es muy interesante. Cada vez que el temporizador se iguala al valor del comparador, el estado del pin se cambia de valor lógico, es decir, si estaba a "1" pasa a "0" y viceversa. De esta manera se producen señales cuadradas de cualquier frecuencia muy fácilmente, como las que utilizaremos para el control de la velocidad de nuestro robot por PWM.

El comparador 1 permite controlar 5 pines simultáneamente. Cada vez que el registro del comparador 1 es igual que el del temporizador se produce una salida hardware por los 5 pines más significativos del puerto A.

Mediante el registro OC1M (\$100c) se configuran los pines que van a ser afectados por el comparador 1. Un 1 indica que el pin va a ser utilizado y un 0 indica que no. Los 5 bits más significativos del registro OC1M se corresponden con los pines de los 5 bits más significativos del puerto A. Cada vez que el temporizador principal se iguala al comparador 1, se manda por los pines activados un cierto valor que se encuentra en el registro OC1D (\$100D). Los 5 bits más significativos de este registro coinciden con los 5 bits más significativos del puerto A.

Si los 5 pines están activos (Valor \$F8 en OC1M) y el registro OC1D contiene el valor \$A8 (10101000 en binario), al activarse el comparador se envían los bits 10101 por los pines de los bits 7,6,5,4 y 3 del puerto A. El bit 7 del puerto A sólo se puede utilizar si previamente se configura para funcionar en modo salida (Registro PACTL).

Para generar las señales de control los motores del robot, utilizamos los registros OC1M y OC1D del comparador 1, de manera que si el primero está a 1 (habilitado), el dato (0 ó 1) en OC1D se saca por el bit correspondiente del Puerto a cuando se produce una comparación en el OC1.

6.2.2 Conversor analógico–digital (A/D)

El microcontrolador 68HC11 tiene una serie de conversores analógico digitales que son bastante útiles y en nuestro caso utilizaremos para adaptar las señales procedentes de los telémetros de distancias del robot y para comprobar el estado de las baterías.

Una característica del 68HC11 es que proporciona dos entradas (VRL, VRH) de referencia para las conversiones. VRH se corresponde con el valor máximo y VRL con el valor mínimo. En nuestro diseño utilizamos el rango 0V– 5V.





Se ha programado el conversor A/D con la opción de múltiples canales habilitada (MULT=1) de manera que se realizan cuatro conversiones consecutivas en los canales del puerto E conectados a los tres sensores de distancias y al sensor del estado de las baterías del robot, de manera que el resultado de las lecturas se almacena en los registros de memoria del A/D (ADR1 a ADR4) y se actualiza automáticamente cada 64 microsegundos (128 ciclos de reloj) como podemos ver en la figura 6.3

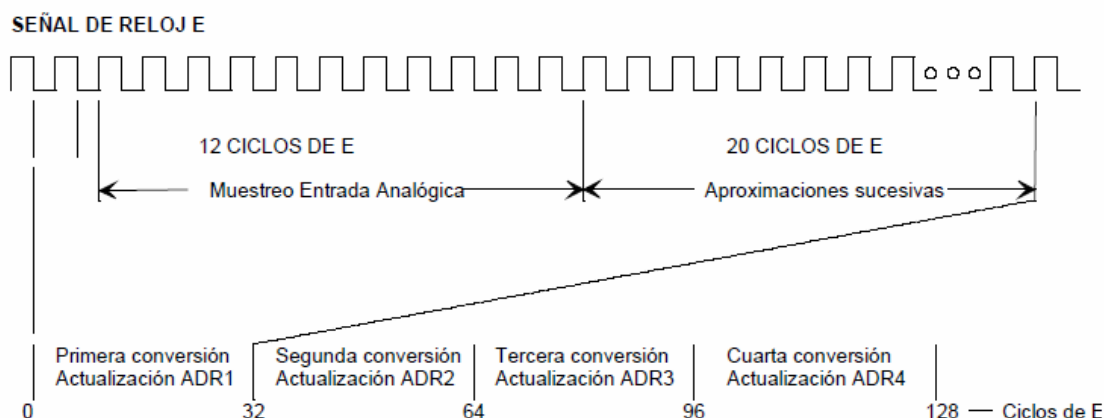


Fig. 6.3 Secuencia de conversión del A/D

De esta forma, aprovechamos las cualidades del conversor A/D interno del microcontrolador para obtener unas lecturas de los sensores en tiempo real, así como su presentación al resto de rutinas del programa desarrollado, que veremos a continuación en el siguiente capítulo dedicado a la programación, de manera “muy fresca” evitando así mismo tener que escribir código de programa adicional que ralentice el sistema de atención a interrupciones del microcontrolador.

6.3. Sistema microcontrolador desarrollado

El microcontrolador obtiene los datos de las distancias a las paredes frontales y laterales del laberinto a través de los telémetros que tiene conectados y utiliza esa información para dirigir al robot a través del control de la trayectoria y velocidad de sus motores con el fin de encontrar la salida empleando una estrategia (algoritmo) diseñada previamente.

Las señales de control involucradas en el sistema así como su conexión al microcontrolador se muestran en el diagrama de la figura 6.4.



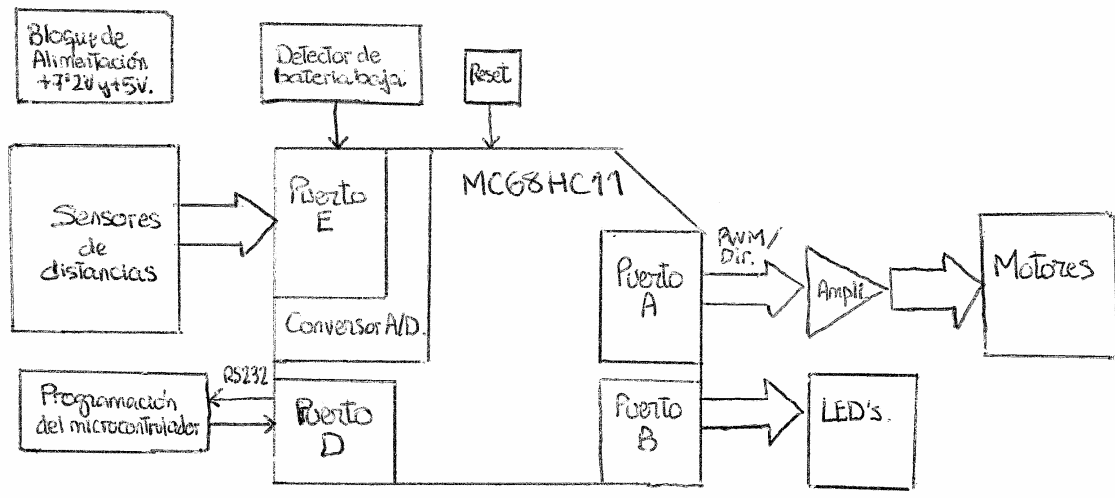
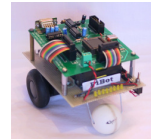


Fig. 6.4 Diagrama de conexiones del sistema microcontrolador



Capítulo 7
PROGRAMACIÓN





7.1. Introducción

A continuación explicaremos el programa realizado para conseguir que el robot se mueva por el laberinto y encuentre su salida.

Básicamente, el robot utiliza las paredes del laberinto como referente para seguir una trayectoria de avance en paralelo a las mismas. Para ello, se basa en la información que le llega a través de los sensores de distancias laterales, mientras que el sensor central lo utiliza para detectar a tiempo las paredes que puedan aparecer de frente en su avance por el trazado del interior del laberinto, de forma que las pueda esquivar sin llegar a chocar.

Simultáneamente, el micro-robot es capaz de encontrar la salida del laberinto mediante un algoritmo de guiado que le permite hacer cambios entre las paredes del circuito que está siguiendo.

Cabe destacar que el tamaño del programa completo desarrollado para el robot ocupa tan sólo 1400 bytes de memoria, es decir, algo menos del 75% de la memoria interna del microcontrolador.

7.2. Tareas desarrolladas por el microcontrolador

El programa está compuesto por una serie de rutinas de muy rápida ejecución, que concurren prácticamente en paralelo, dotando al robot de la capacidad de moverse por el interior del circuito y encontrar la salida. Dichas tareas se ejecutan cada 20 milisegundos dentro del programa de atención a interrupciones del temporizador OC1 y son las siguientes:

- Algoritmo de navegación autónoma:
 - Generación de la señal PWM (control de la velocidad del robot)
 - Seguimiento de paredes
 - Detección de obstáculos
- Algoritmo de guiado del robot hacia la salida del laberinto:
 - Cambios en las paredes a seguir
 - Esperas para realizar los cambios

7.2.1 Secuencia de RESET del programa

En la fig. 7.1 se muestra la secuencia de RESET mediante el cual el programa configura todos sus registros, e inicializa los motores para que el robot avance en línea recta, enciende el conversor A/D y procede a la ejecución del resto de rutinas para controlar el robot.



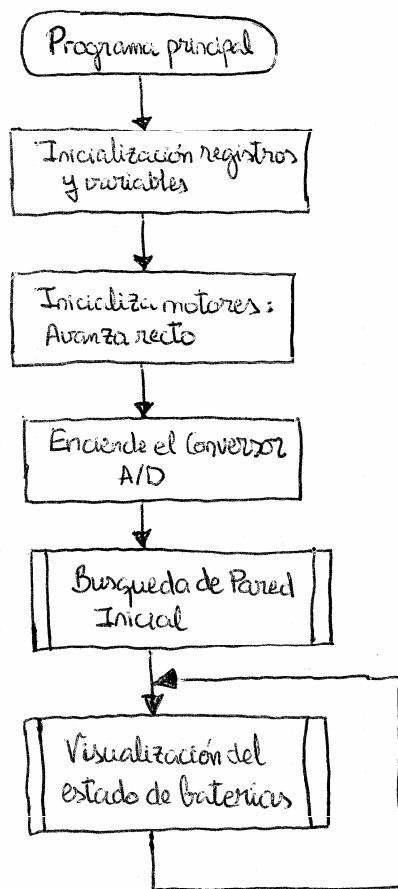
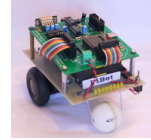


Fig. 7.1 Secuencia de RESET del programa

El código fuente del programa completo, donde se puede ver la secuencia de RESET, se encuentra en el punto 9.5 del Anexo.

Según las normas del concurso, que se encuentran en el Pliego de Condiciones, el robot debe avanzar 30 cms. (hasta la siguiente casilla) en la dirección marcada por el vector de inicio antes de empezar a navegar, siendo penalizado en caso contrario.

Para ello se ha desarrollado una rutina de Búsqueda de Pared Inicial, que podemos ver en el diagrama de flujo de la fig. 7.2, en la que el robot mira a izquierda, derecha y centro consecutivamente mientras avanza hacia delante hasta que se encuentra una pared con alguno de sus tres sensores. A continuación se activa una señalización (flag) correspondiendo al tipo de pared detectada, que será utilizada posteriormente por los algoritmos de guiado del robot para empezar a navegar por el circuito.



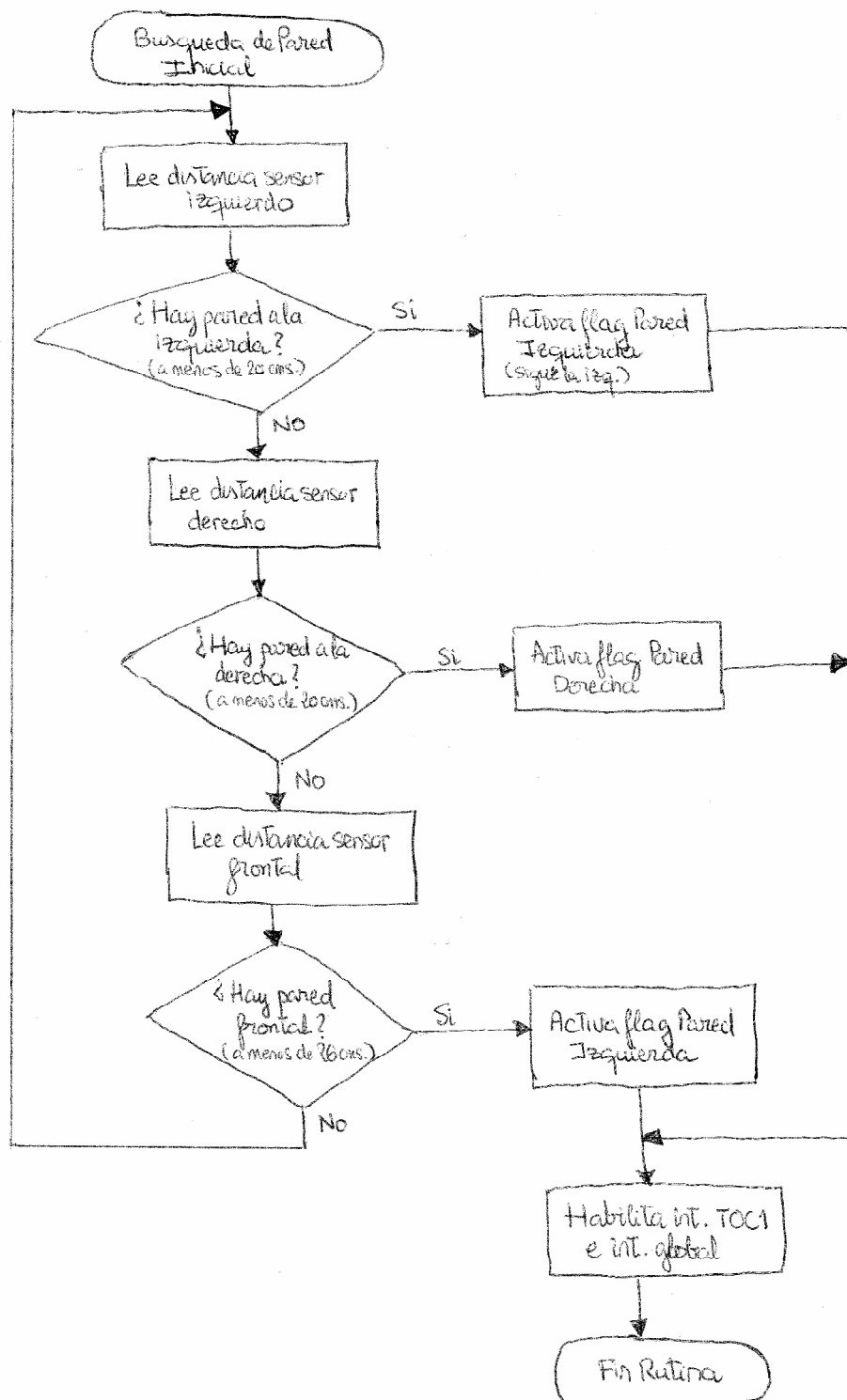
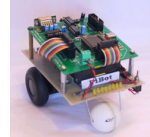
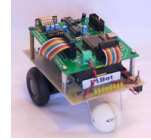


Fig. 7.2 Rutina de Búsqueda de pared inicial





Tras la ejecución de la rutina de Búsqueda de pared inicial el programa principal se queda “entretenido” con la comprobación de la tensión de las baterías, de manera que si están cerca de llegar a agotarse lo visualiza en los diodos LED del robot, mediante una secuencia de luces específica, de manera que se minimicen los riesgos derivados de quedarse sin baterías durante el desarrollo del concurso.

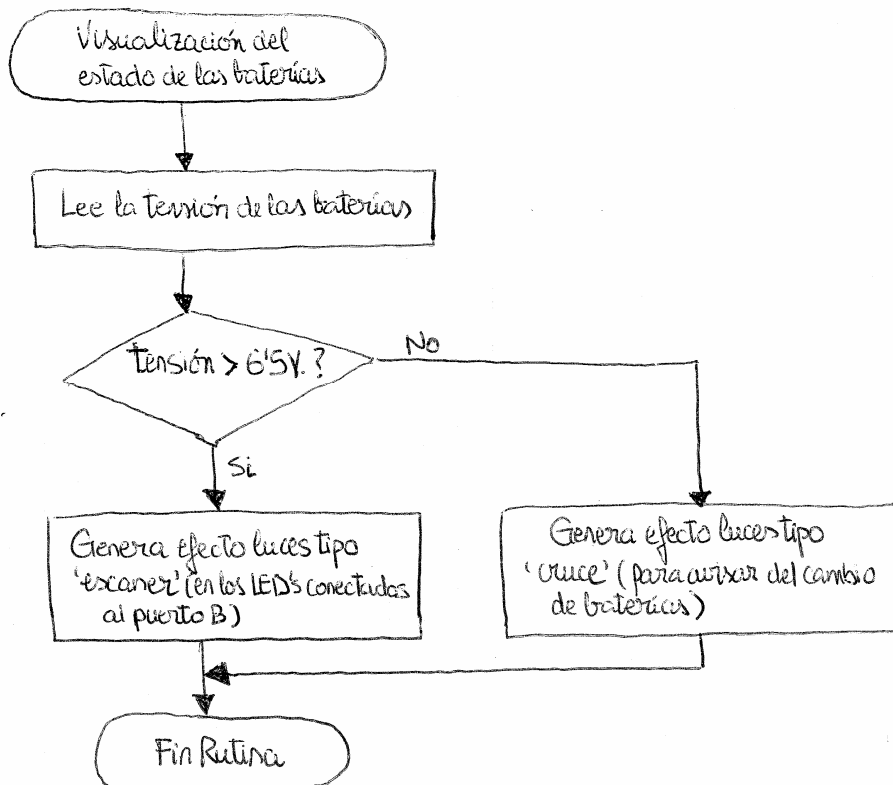


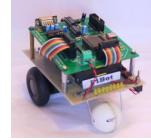
Fig. 7.2 Rutina de Visualización del estado de las baterías

El programa principal queda entretenido, a la espera de ser interrumpido cada 20 milisegundos por el temporizador OC1, que contiene todo el código del programa que guía al robot hasta encontrar la salida del circuito.

7.2.2 Control de la trayectoria del robot y búsqueda de la salida

Se ha utilizado el temporizador TOC1 para generar las señales PWM que controlan la velocidad de los motores, como se aprecia en la figura 7.3, así como para leer las distancias de los sensores y corregir la trayectoria del robot mediante el algoritmo del cambio de paredes a seguir y las rutinas de espera para el cambio de pared a seguir, el





seguimiento de paredes y la detección de obstáculos. Todo ello en tiempo real, exactamente, cada 20ms, que es el periodo de la señal modulada por pulsos que el microcontrolador envía a cada motor.

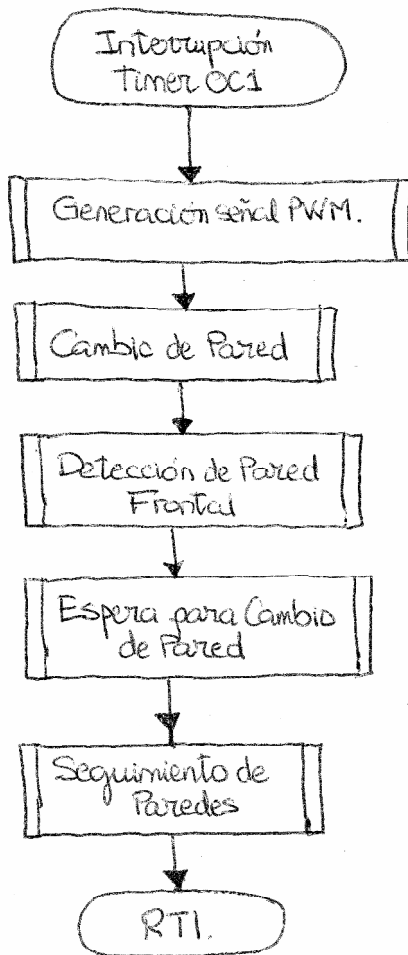
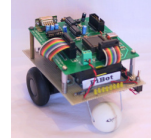


Fig. 7.3 Rutina de interrupción del TOC1

Cabe destacar que se han desarrollado rutinas cortas y ágiles para que se ejecuten a modo de comportamientos en paralelo capaces de dotar al robot de propiedades emergentes que faciliten la búsqueda de la salida del circuito.

En la rutina de generación de la señal PWM, cuyo diagrama de flujo se muestra en la fig. 7.4, aprovechamos los registros asociados al temporizador OC1 del microcontrolador, de máscaras (OC1M) y de datos (OC1D) para generar la señal modulada por





ancho de pulsos, por los pines del Puerto A asociados a cada uno de los motores en función de las trayectorias que queremos generar para el robot.

El registro Precarga2 contiene los diferentes tiempos de “Ton” de la señal PWM.

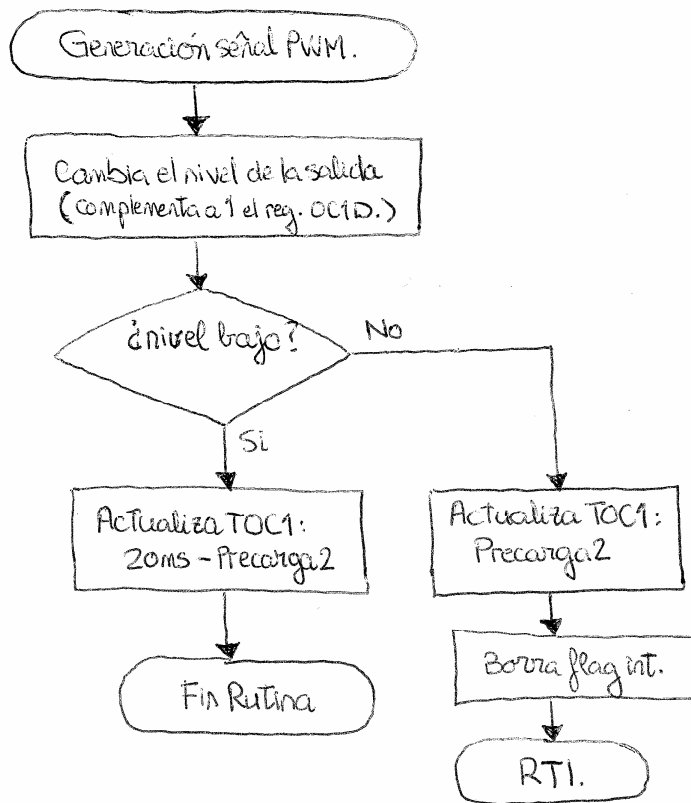


Fig. 7.4 Rutina Generación de señal PWM.

Para buscar la salida del laberinto, el robot avanza siguiendo las paredes izquierda y derecha durante 15 y 5 segundos respectivamente, y consecutivamente, como vemos en el diagrama de la Fig. 7.5

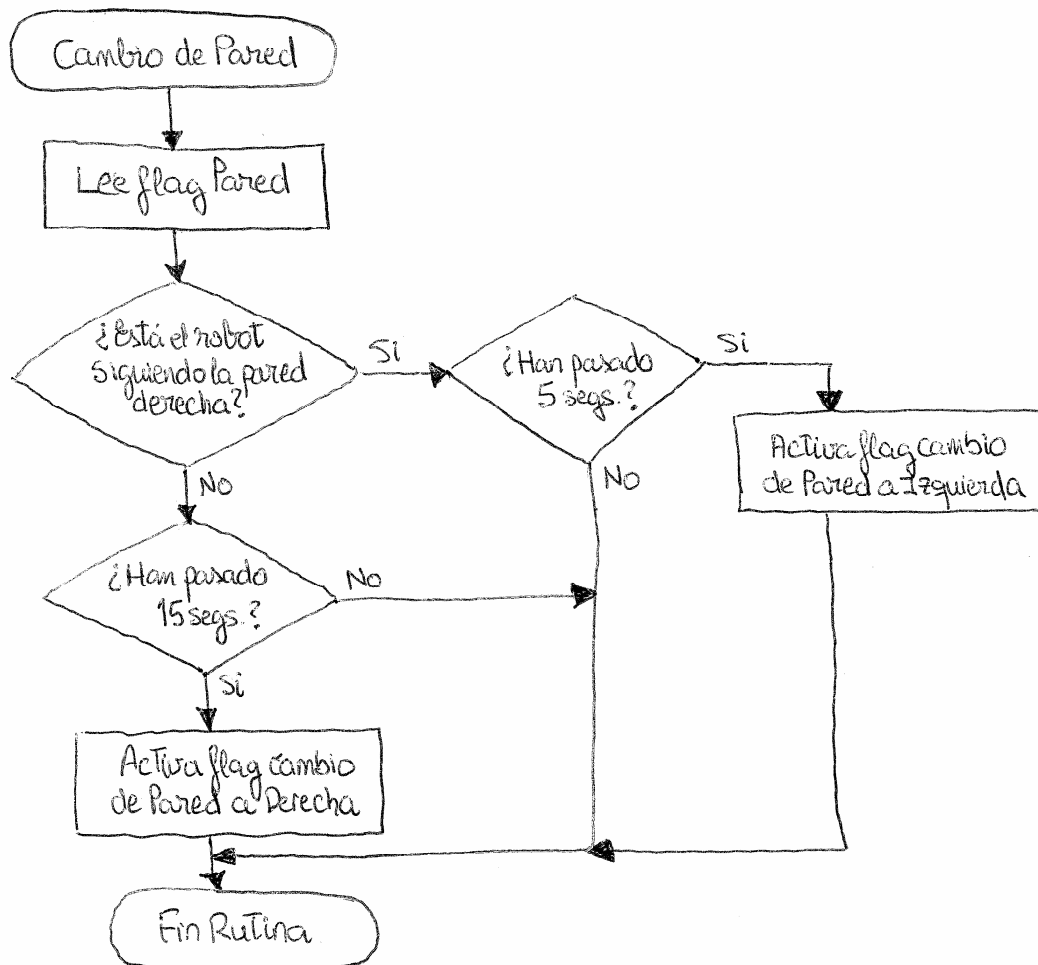
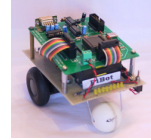
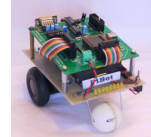


Fig. 7.5 Rutina de Cambio de pared

Llegados a este punto, y con el robot empezando a navegar por el interior del laberinto, lo primero que hacemos es utilizar el sensor central para detectar las paredes de frente, de forma que cuando están cerca, es decir, a menos de 28 centímetros, que es la distancia óptima para evitar que colisione en función de su velocidad, se aleja de las mismas siguiendo la trayectoria marcada por la pared que viene siguiendo en ese momento.

Para realizar los giros que permitan al robot seguir las paredes frontales, se han configurado las dos ruedas para que giren con sentidos opuestos (una hacia delante y la otra hacia atrás) y se ha reducido notablemente su velocidad, obteniendo como resultado que el robot “pivota” (gira sobre su propio eje) y puede continuar con su trayectoria sin alterar a penas su ritmo de avance.



En el diagrama de la Fig. 7.6, que ilustra todo lo anterior, también podemos observar como mientras el robot está realizando los giros para evitar los obstáculos, se inhibe la posibilidad de cambiar de paredes, lo que redundará en una trayectoria final más estable y robusta.

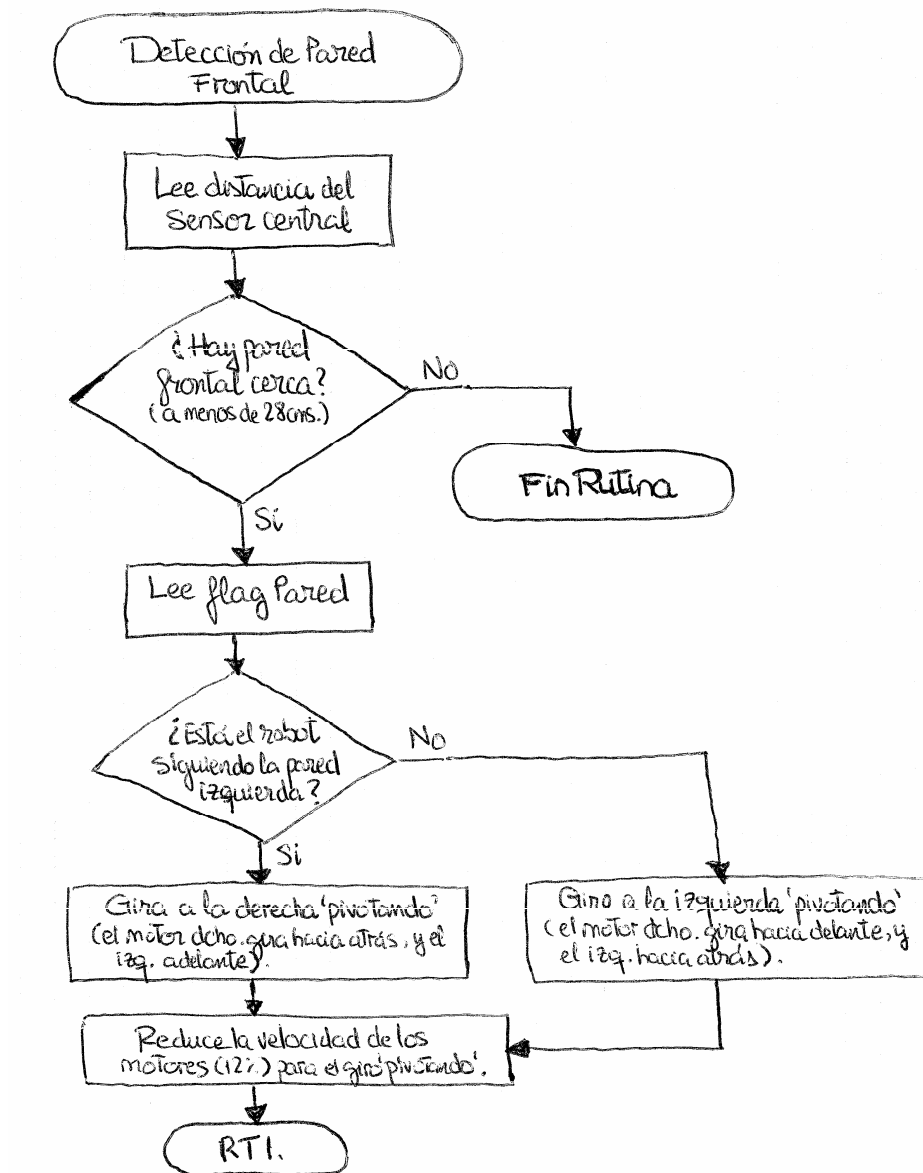
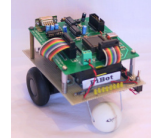


Fig. 7.6 Rutina de Detección de pared frontal



El cambio de paredes solamente se lleva a cabo cuando el robot tiene “a la vista” (a menos de 30 cms.) esa pared a la que se dirige, evitando de este modo la posibilidad de trayectorias erráticas e imprevistas, así como de colisiones con los cantos de algunas de las paredes del trazado del laberinto. Esto último, se ilustra en el siguiente diagrama:

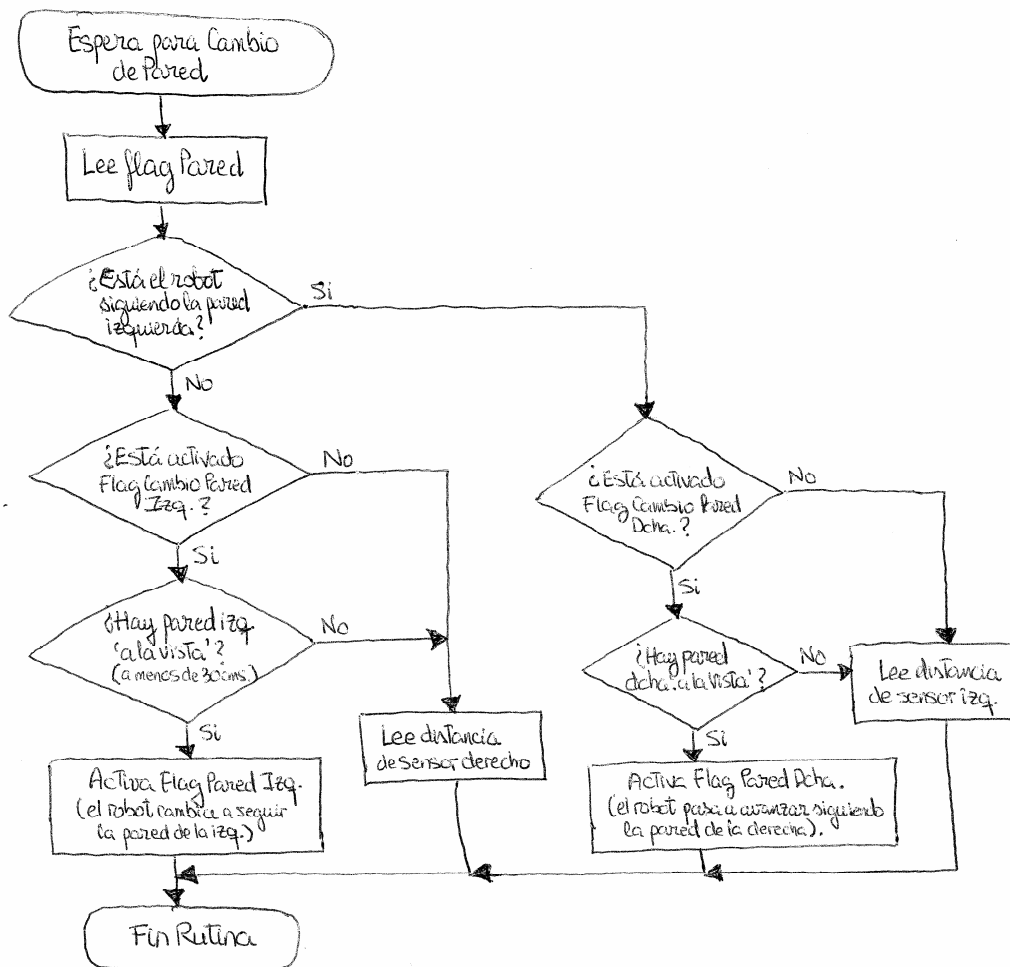
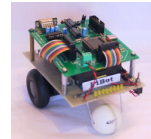


Fig. 7.7 Rutina de Espera para cambio de pared

Si observamos de nuevo el diagrama de la figura 7.3, veremos que la última rutina contenida en el temporizador OC1 es la de seguimiento de paredes, que seguidamente pasamos a comentar para finalizar este bloque.

El robot utiliza los sensores laterales para avanzar en paralelo a una pared manteniéndose a entre 17 y 20 centímetros de la misma, es decir, aproximadamente en la



mitad de los pasillos del laberinto. De esta forma, prácticamente no se ve alterada su trayectoria al efectuar los cambios de la pared a seguir.

Además, como se observa en el diagrama de flujo de la Fig. 7.8, se han añadido dos márgenes de seguridad, a las distancias de 16 y 21 cms., para dotar al sistema de mayor estabilidad en su trayectoria, especialmente cuando las paredes que sigue cambian bruscamente de ángulo, como sucede con las curvas del circuito (giros de 90°) o los cantos de las paredes y las “islas” (giros de 180°).

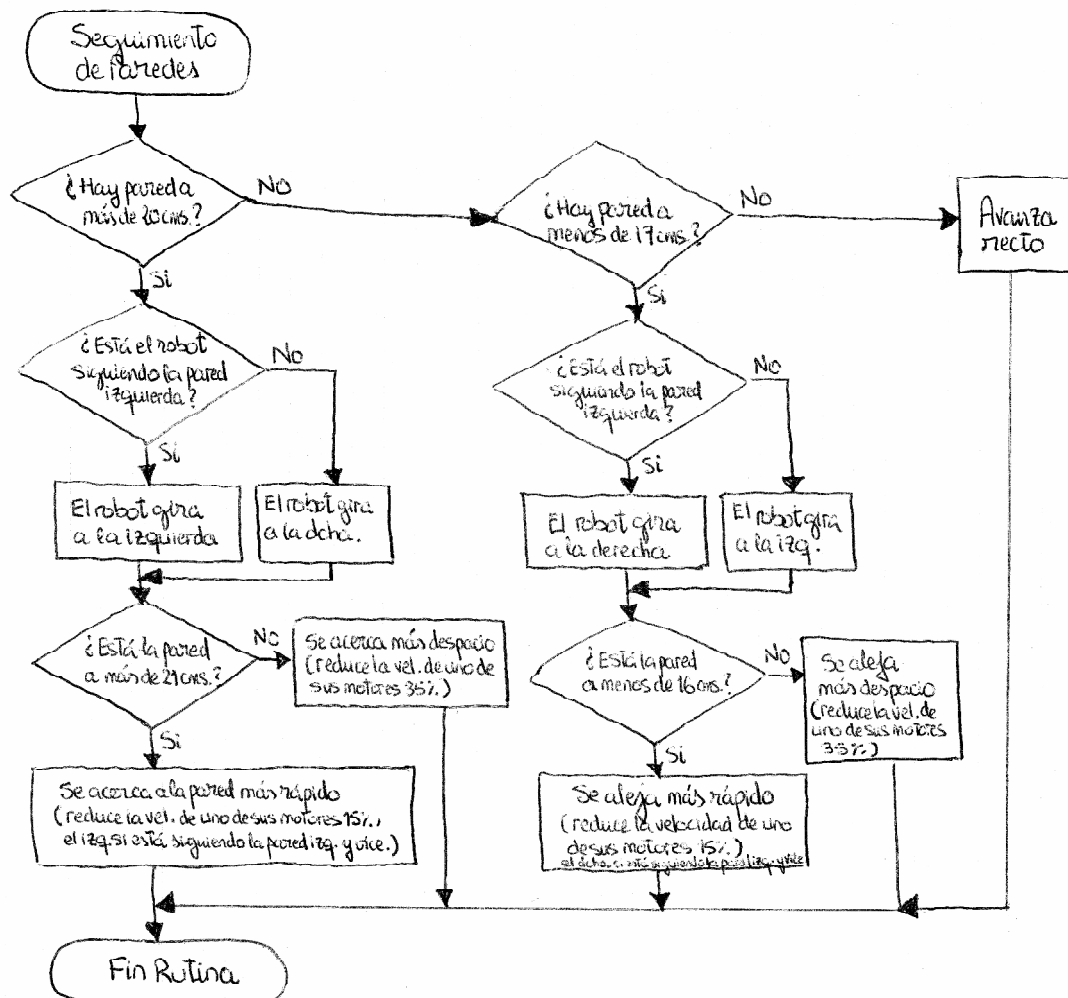


Fig. 7.8 Rutina de Seguimiento de paredes

En la siguiente figura, se muestra la trayectoria real del robot con sus oscilaciones iniciales hasta estabilizarse, en respuesta al trazado de una curva del laberinto, siguiendo para ello el algoritmo de control de la fig. 7.8



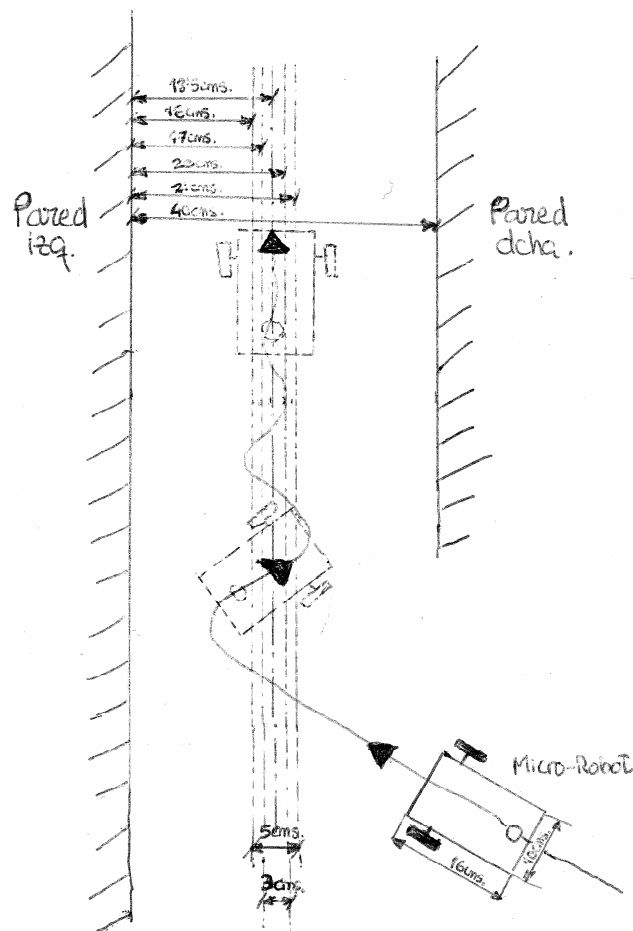
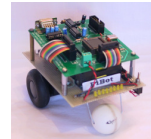


Fig. 7.8 Trayectoria real del robot en el seguimiento de paredes del laberinto.

7.3. Algoritmo de búsqueda de la salida del laberinto

Para que el robot pueda encontrar la salida del laberinto, hay dos planteamientos básicos iniciales:

- 1) Basado en el modelado del entorno y la planificación, como se aprecia en la figura 7.10, aprovechando el conocimiento a priori del plano del laberinto, no así el punto de inicio del recorrido, el cual tiene la ventaja de que una vez introducido en la memoria del robot, este podría encontrar la salida por el camino más corto, y la clara desventaja de su gran tamaño de código de programa que requiere de más memoria para su almacenamiento y recursos computacionales.



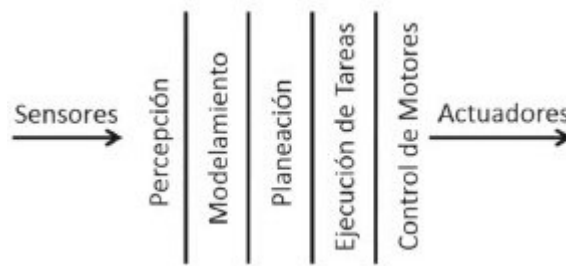
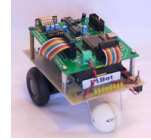


Fig. 7.10 Paradigma secuencial de modelado/planeado

- 2) Basado en un cierto grado de “aleatoriedad controlada” y propiedades emergentes, dotando al robot de instrucciones simples que den como resultado la resolución del laberinto con la ventaja de un consumo de recursos menor (memoria, periféricos, etc.) y de su mayor flexibilidad (sería capaz de encontrar la salida en otros laberintos con ligeras modificaciones en su configuración) y la desventaja de emplear algo más de tiempo en algunos casos, para encontrar la salida. Por otra parte, el algoritmo debe ser suficientemente robusto como para evitar que el robot quede atrapado dando vueltas a una misma zona del circuito, sin dar con la salida.

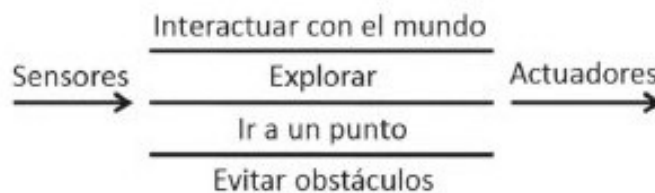


Fig. 7.11 Paradigma concurrente de comportamientos

En nuestro caso, y dentro de este último paradigma, se ha optado por dotar al robot de cierto grado inteligencia artificial que emerge de dotar al robot de un comportamiento con aleatoriedad controlada (rutina de cambio de pared) y el añadido de otras “capas” de comportamientos deterministas (rutina de espera para el cambio de pared) de manera que tras su fusión resulte que el robot siempre es capaz de encontrar la salida del circuito.

A continuación, y para una mejor comprensión del algoritmo de búsqueda de la salida del laberinto, se muestra un diagrama de estados conformado por las rutinas descritas con anterioridad (en las figuras 7.5 y 7.7) de Cambio de pared y Espera para cambio de pared.



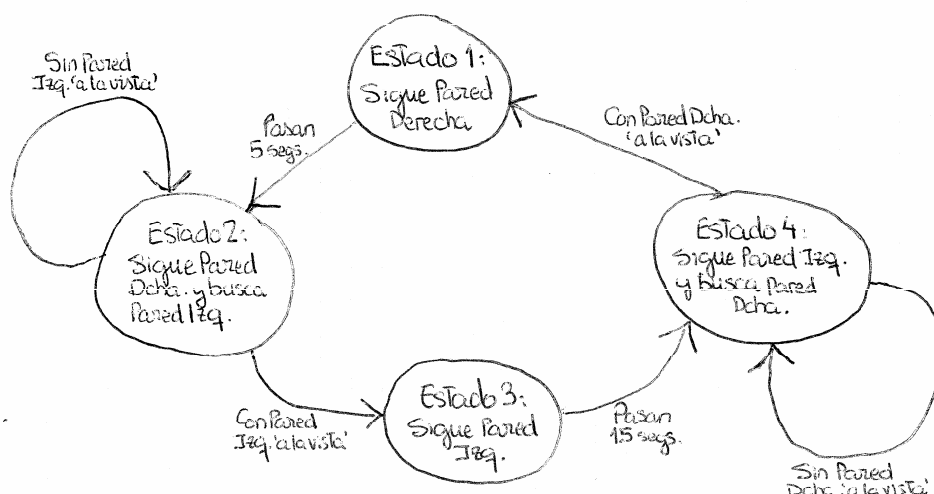
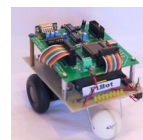


Fig. 7.12 Diagrama de estados del algoritmo de búsqueda de la salida del laberinto

En el Estado 1, el comportamiento del robot consiste en seguir la pared derecha. Cuando pasan 5 segundos (en realidad pasan 5 seg. menos el tiempo que tarda en tener la pared derecha a la vista desde el Estado 4) cambia al Estado 2, en el que sigue la pared de la derecha y comienza a buscar la izquierda. Cuando el sensor tiene la pared izquierda “a la vista”, pasa al Estado 3, en el que el robot sigue la pared izquierda; mientras que si no hay pared continúa en el Estado 2, a la espera de la detección. Si estando en el Estado 3, en el que el robot está siguiendo la pared izquierda, pasan ya los 15 segundos (en realidad son 15 seg. menos el tiempo que tarda en encontrar la pared izquierda estando en el Estado 2) cambia al Estado 4, en el que sigue la pared izq. y busca la derecha. Por último, si estando en el Estado 4 el robot tiene la pared derecha a la vista, transita de nuevo al Estado 1, mientras que si no la puede ver aún, continúa en el Estado 4 a la espera de la detección.

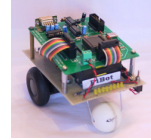
Con este algoritmo de Cambio de paredes y espera para el cambio surgen las propiedades emergentes, como que el robot es capaz de encontrar la salida desde cualquier punto en su interior sin perderse, ni atascarse y en un plazo de tiempo relativamente corto (que en unos puntos de inicio del recorrido será mayor que en otros). Además, cabe destacar que el programa demostró su robustez al introducir casualmente ligeras modificaciones en el trazado del laberinto a escala que se construyó en el stand de la Universidad Carlos III con motivo de la IV Feria de Madrid por la Ciencia en Ifema, en la que se pudo exhibir el robot en múltiples ocasiones, comprobando siempre lo expuesto con anterioridad.



Capítulo 8

ETAPAS DE DISEÑO Y CONCLUSIONES





8.1. Introducción

El objetivo que se planteó al inicio de este proyecto fue diseñar y construir un micro-robot que cumpla con los requisitos para competir en la prueba del laberinto del III concurso de micro-robots de la Universidad de Alcalá.

Cuando pensamos en el diseño de un robot tan complejo, se hace necesaria la división del problema en partes más simples. En el apartado de diseño por objetivos de este capítulo se describe esa planificación en etapas sucesivas y los diversos problemas de ingeniería involucrados. El siguiente apartado, nos presenta las conclusiones así como la experiencia de participar en el concurso. Por último, se comentan algunas líneas de trabajo futuras e ideas sobre aplicaciones prácticas derivadas del presente proyecto.

8.2. Diseño por objetivos

Cuando pensamos en un laberinto como el de la figura 8.1, imaginamos un sistema extremadamente complejo, y en realidad lo es, pero si lo observamos detenidamente, llegamos a la conclusión de que está formado por piezas de cuatro tipos como podemos ver en la figura 8.2.

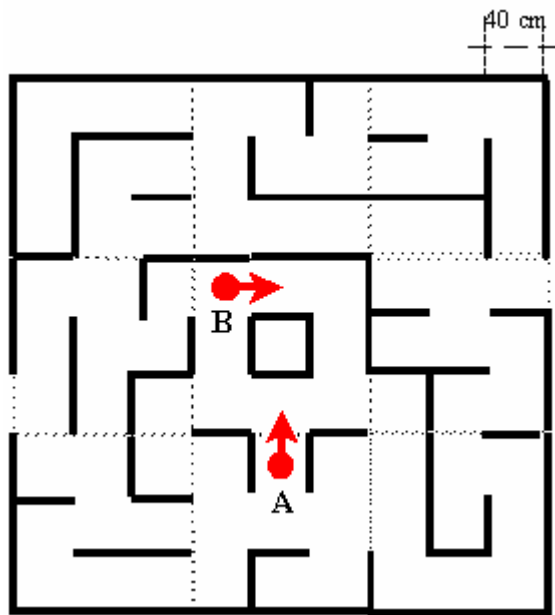


Fig. 8.1 Plano del laberinto



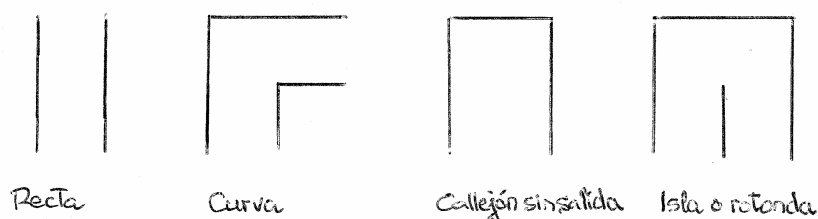


Fig. 8.2 Piezas del laberinto

En base a estas piezas, lo primero que nos hemos planteado es desarrollar un prototipo que sea capaz de moverse a lo largo de una pared recta, manteniendo una distancia constante con la misma. Previamente, habíamos caracterizado los sensores de distancias, y se han controlado los motores de corriente continua con el circuito de puente en H. Siguiendo con el primer objetivo de diseño, se ha desarrollado un algoritmo inicial de seguimiento de paredes en el que el robot avanza recto, acercándose o alejándose de la pared en función de dos márgenes situados entre 16 y 21 cms. de distancia a la misma, obteniendo como resultado un sistema básico de control en lazo cerrado.

En un segundo paso se ha planeado el trazado de las curvas, añadiendo una segunda capa de márgenes de control al algoritmo de seguimiento de paredes para resolver el problema de la desestabilización de la trayectoria seguida por el robot ante este tipo de cambios en su recorrido, que pueden ser incluso más bruscos (de 180 grados) si la pieza del laberinto que está recorriendo es una isla o rotonda (ver figura 8.2).

El siguiente objetivo de diseño fue afrontar los obstáculos en forma de paredes frontales en el trazado de las curvas que los tengan, de manera que se optó por incorporar al robot de un sensor frontal que avise de cuando se vaya aproximando la pared para su posterior esquiva mediante un giro del robot de 90° y el posterior seguimiento de la misma con el sensor lateral que venía actuando con anterioridad.

Otro tipo de obstáculos surge de los callejones sin salida del laberinto, donde el sensor frontal avisará al robot para que ejecute una maniobra que consistirá en el giro sobre sí mismo hasta encontrarse de nuevo avanzando hacia su exterior. Para ello se controlarán los motores del robot para hacerlos girar en sentidos opuestos.

Llegados a este punto, en el que el robot es capaz de recorrer el interior del laberinto sin chocarse con las paredes, se buscó una siguiente mejora en la que se ha optimizado la velocidad de avance del robot para obtener una navegación por el interior del laberinto que conjugue rapidez y estabilidad, con el fin de que sea capaz de salir del circuito empleando para ello el menor tiempo posible.

Por último, el objetivo planteado es dotar al micro-robot de la capacidad de tomar decisiones con un algoritmo que le de la posibilidad de encontrar la salida del labe-





rinto, sea el punto que sea el de origen del recorrido de la prueba. En este caso, tras analizar a fondo las posibilidades se decide recurrir a búsqueda de soluciones creativas y eficaces para su implementación en la memoria del microprocesador del robot, encontrando finalmente la inspiración en un algoritmo que combina cierto grado de “aleatoriedad controlada” con capas de comportamiento determinista que dan como resultado propiedades emergentes que dotan al robot de la capacidad de encontrar siempre la salida del circuito.

El diseño final del robot proporciona al sistema la capacidad de navegar por el interior del laberinto y encontrar su salida desde cualquier punto de su interior en un tiempo que será siempre relativamente corto, dada su elevada velocidad final de avance.

8.3. Desarrollo del concurso y conclusiones personales

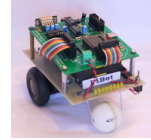
Para el desarrollo de la prueba se plantearon tres rondas en dos días de concurso, obteniendo como resultado que en las dos primeras rondas clasificatorias el robot fue de los pocos en ser capaz de encontrar la salida del laberinto, clasificándose directamente en ambos casos para la siguiente ronda y llegando a la final del concurso, donde resultó ganador del tercer premio.

La principal conclusión que se saca de toda esta experiencia, es que para diseñar lo más importante es hacerse preguntas y encontrar las respuestas por uno mismo, antes que te las cuenten o las leas en un libro.

Era la primera vez que afrontaba el reto de construir y diseñar un micro-robot, en el marco de mi Proyecto de Fin de Carrera, y puedo afirmar que he conseguido poner en práctica gran parte de los conocimientos adquiridos en las distintas asignaturas cursadas en nuestra especialidad, entre las que destacan las del área de electrónica, automática e informática. Además he mejorado en áreas en las que no tenía tantos conocimientos previos como la inteligencia artificial o la algorítmica.

En definitiva, el desarrollo de un micro-robot me ha permitido disfrutar construyendo, prototipando, aprendiendo a base de múltiples ensayos y errores, programando, y siendo artífice de mi propia creación “viva”. Este mundo de la robótica es apasionante cuando se conoce, y aunque a veces también se pasa mal porque no siempre salen las cosas como uno quisiera, es una actividad sana que te invita a crecer y a superarte; además de a no ser otro ser pasivo, a pensar, a investigar y por último, a concursar. No se crea para concursar, el disfrute ya empieza antes, desde el diseño por objetivos partiendo desde cero, hasta la implementación del diseño final del robot, pero también satisface saber que el diseño que has creado con tanta pasión, dedicación y esfuerzo ha cumplido con creces el objetivo de estar a la altura de las expectativas con las que lo has diseñado.





8.4. Trabajo futuro

El principal desarrollo a corto plazo sería la mejora del micro-robot con el añadido de un comportamiento adicional que detecte cuando el robot ha colisionado, para ejecutar una maniobra de escape como por ejemplo, dando marcha atrás. Cabe añadir que dicha maniobra estaba ya prevista en nuestro diseño, a través de una pequeña resistencia conectada a los motores y sensada a través de uno de los puertos del conversor A/D del microcontrolador, que detectaría una sobretensión al producirse el choque imprevisto del robot con alguna de las paredes. No dio tiempo material a terminar de realizar su puesta a punto para el concurso, encontrándose con que en la final se podría haber logrado un mejor resultado, ya que se dio la mala coincidencia de tener dos colisiones inesperadas en ese momento crucial del concurso...

Otras mejoras a medio plazo consistirían en el añadido de nuevas “capas” de comportamientos deterministas o de aleatoriedad controlada que mejoren aún más la capacidad de búsqueda de la salida del laberinto empleando para ello un tiempo más corto.

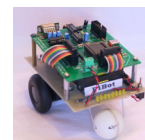
Por último, comentaremos algunas aplicaciones que nos surgen del desarrollo de este Proyecto, como serían la implementación del algoritmo de navegación de nuestro micro-robot en los robots de limpieza de suelos comerciales para hacerlos tal vez más baratos y ligeros. Y en otro orden de cosas, posiblemente se podría extrapolar el algoritmo de guiado del robot para el encaminamiento de los paquetes de datos por las redes de cables que conforman la llamada red de redes (internet), pudiéndose observar esta última, en tal caso, como una suma de laberintos encadenados.





BIBLIOGRAFÍA





Referencias:

- [F. M. Cady, 1997] Fredrick M. Cady. *Software and Hardware Engineering: Motorola M68HC11*. Oxford University Press. NY.
- [J. L. Jones et al., 1993] Joseph L. Jones, Anita M. Flynn. *Mobile robots: inspiration to implementation*. A.K. Peters. Massachusetts.
- [Motorola, 1996] *M68HC11 Reference Manual (Rev 3)*. Motorola Inc.
- [N.J. Nilsson., 2001] Nils J. Nilsson. *Inteligencia Artificial. Una Nueva Sintesis*. McGraw-Hill.
- [R.A. Brooks, 1986] Rodney A. Brooks. *A robust layered control system for a mobile robot*. MIT A.I. Laboratory Memo No. 864.
- [R.A. Brooks, 1991] Rodney A. Brooks. *Intelligence Without Reason*. MIT A.I. Laboratory Memo No. 1293.
- [R.C. Arkin, 1998] Ronald C. Arkin. *Behavior-Based Robotics*. MIT Press.
- [R.R. Murphy, 2000] Robin R. Murphy. *Introduction to AI Robotics*. MIT Press.
- [SGS-Thomson, 1995] *Applications of monolithic bridge drivers*. SGS-Thomson Microelectronics.

Fuentes electrónicas:

Página web del concurso Alcabot 2001, donde se han consultado las fichas de diversos robots participantes en la edición previa a Alcabot 2002:

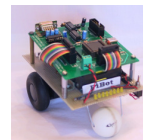
<http://asimov.depeca.uah.es/alcabot/alcabot2001/>

Otras fuentes de consulta:

Resistor (Revista de Electrónica). Numeros 184 a 186. Ed. Revistas Profesionales

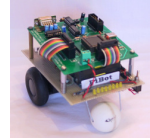
Micro/bit (Revista de Electrónica). Artículos Mayo 1999. Ed. Técnicas Rede





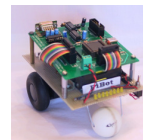
ANEXOS





1. Diploma acreditativo del tercer premio





2. Reportaje en revista Carlos III num. 19 (pág. 21)

Un estudiante de Ingeniería Técnica gana el tercer premio del concurso Alcabot 2002

Alumnos

Alberto Cela Criado es el autor del primer robot diseñado para competir con otros robots en la Universidad Carlos III. Así lo demostró en el concurso Alcabot, de la Universidad de Alcalá, el pasado mes de abril.

REDACCIÓN

Seis meses de preparación terminaron con el nacimiento del robot Pibot, que con su pequeña estructura fue capaz de salir del laberinto preparado en el Concurso Nacional de Micro-Robots y actividades relacionadas que este año puso en marcha la Universidad de Alcalá. El robot, que detecta y esquiva las paredes, fue diseñado como Proyecto de Fin de Carrera por Alberto Cela Criado, estudiante de Ingeniería Técnica Industrial de esta Universidad.

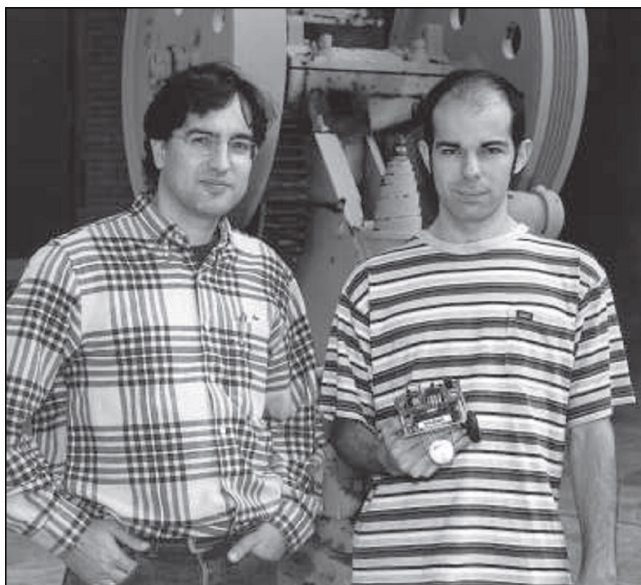
Su profesor y director de proyecto, Guillermo Carpintero, se muestra satisfecho con el Premio: "Alberto tuvo que resolver muchos problemas, y ahí está la diferencia entre un ingeniero y un estudiante de ingeniería".

Con su microcontrolador 68HC11 de Motorola como cerebro, el robot presenta una arquitectura de tipo "tarta de varios pisos" con las placas de control y alimentación sobre la base. Su estructura es un triciclo con tracción diferencial y una rueda loca, que le permite el giro completo sobre sí mismo. Los motores tienen engranajes que reducen su velocidad y la adaptan a la del microrobot.

Además, Alberto le echó una buena dosis de imaginación a su creación: utilizó las ruedas de un juguete como ruedas motrices del robot, y una pelota de ping-pong con un trozo de alambre como rueda libre.

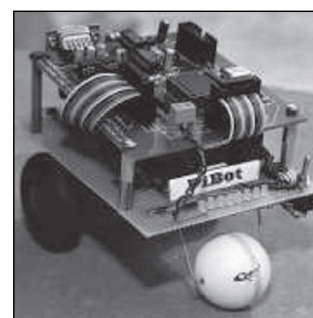
Al estudiante, este Proyecto le ha enseñado que "para diseñar lo más importante es hacerse preguntas y encontrar las respuestas por uno mismo, antes de que te las cuenten o las leas en un libro". Era la primera vez en que concursaba en Alcabot un alumno de la Universidad Carlos III. En la prueba de laberinto, a la que se presentó Pibot, competían más de 35 robots de distintas Universidades madrileñas.

Actualmente Alberto disfruta de una beca en el Departamento de Electrónica de la Universidad Carlos III. Tras la defensa del Proyecto ante un Tribunal que lo evaluará, Alberto empezará a buscar trabajo.



El profesor Guillermo Carpintero, junto a Alberto Cela Criado, ganador del tercer premio ALcabot 2002.

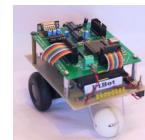
El campo de la investigación y el desarrollo es el ámbito donde le gustaría desenvolverse. Cuando comience su andadura profesional, seguro que recordará a su primera creación, el pequeño Pibot.



A la derecha, imagen del Robot Pibot, realizado por ALberto Cela.

Noviembre de 2002 21





3. Artículo divulgativo para el concurso

Robot: PiBot. Grupo: Tipejo

Laberinto. Alcabot 2002

Alberto Cela Criado

100011653@alumnos.uc3m.es

Universidad Carlos III de Madrid

Resumen

PiBot es un microbot ideado para participar en la prueba del laberinto. Para ello ha sido dotado de precisos sensores de distancias y un tamaño reducido, con el fin de poder detectar y esquivar correctamente las paredes. El robot comenzó a construirse a finales de noviembre del 2001, como Proyecto de Fin de Carrera.

El autor es Alberto Cela Criado, estudiante de Ingeniería Técnica en Electrónica Industrial de la U. Carlos III. Actualmente, se encuentra trabajando en régimen de becario en el Laboratorio de Electrónica de dicha universidad.

1. Introducción

El robot se ha diseñado según una estructura de triciclo con tracción diferencial y "rueda loca", para permitir el giro completo sobre sí mismo. Los motores (de continua) han sido dotados de engranajes, para reducir su elevada velocidad y adaptarla a la del microbot. El control, se realiza en bucle cerrado mediante la realimentación de los motores a través de los sensores de posición.

En todo momento se ha buscado el equilibrio entre la electrónica de precisión y los componentes más sencillos.

Se pretende, que comenzando el recorrido desde cualquier punto situado en el interior del laberinto sea capaz de salir de él, por cualquiera de las dos salidas existentes empleando para ello el camino más corto.

2. Parte mecánica

El chasis del robot lo constituye la propia placa PCB de fibra de vidrio sobre la que van soldados los sensores y componentes de la etapa de potencia.

La arquitectura es de tipo "tarta de varios pisos", con las placas de control y alimentación sobre la base. De esta forma, se logra un conjunto de dimensiones reducidas.

Las ruedas motrices utilizadas para la tracción del microbot son de un juguete, mientras que la rueda libre esta construida con una pelota de ping-pong y un trozo de alambre. Los motores, tienen la ventaja de su bajo precio y la dificultad de su control.

3. Hardware

El cerebro del robot es un microcontrolador 68HC11 de Motorola, en su versión con 2K de EEPROM. La placa de

control, realizada en circuito impreso, se completa con una interfaz RS-232 para facilitar su programación vía serie.

La placa de potencia (de tiras) está formada por un driver L293B que controla los motores. Este integrado se alimenta a 6V mientras que el resto de los componentes, a 5V a través de un regulador 7805.

Los sensores empleados son los GP2D12 de Sharp para la detección de las paredes por triangulación de luz infrarroja. Además, se han incorporado unos diodos LED para visualizar el estado de las baterías.

4. Software

Todo el software de control se ha desarrollado en ensamblador, para tratar de optimizar el código al máximo.

La estrategia de control consta de dos fases: en primer lugar, localiza en que celda de inicio se encuentra y seguidamente, busca el camino más corto hacia la salida dentro de su memoria.

5. Alimentación

Se han empleado 6 pilas de 1V2 1600 mAh de NiMH para la alimentación de todo el conjunto. Dado que el consumo total se estima en 500 mA, la autonomía del robot sería de 3 horas, aproximadamente (suficiente para no tener que cambiarlas en todo el concurso).

6. Conclusiones

La principal conclusión que se saca de toda esta experiencia, es que para diseñar lo más importante es hacerse preguntas y encontrar las respuestas por uno mismo, antes que te las cuenten o las leas en un libro.

7. Agradecimientos

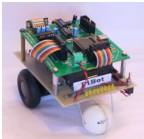
Por último, solo me queda dar gracias a mis familiares y amigos, a la gente de la Asociación de Electrónica, y a mi profesor de proyecto, por su apoyo en esta aventura.

Referencias

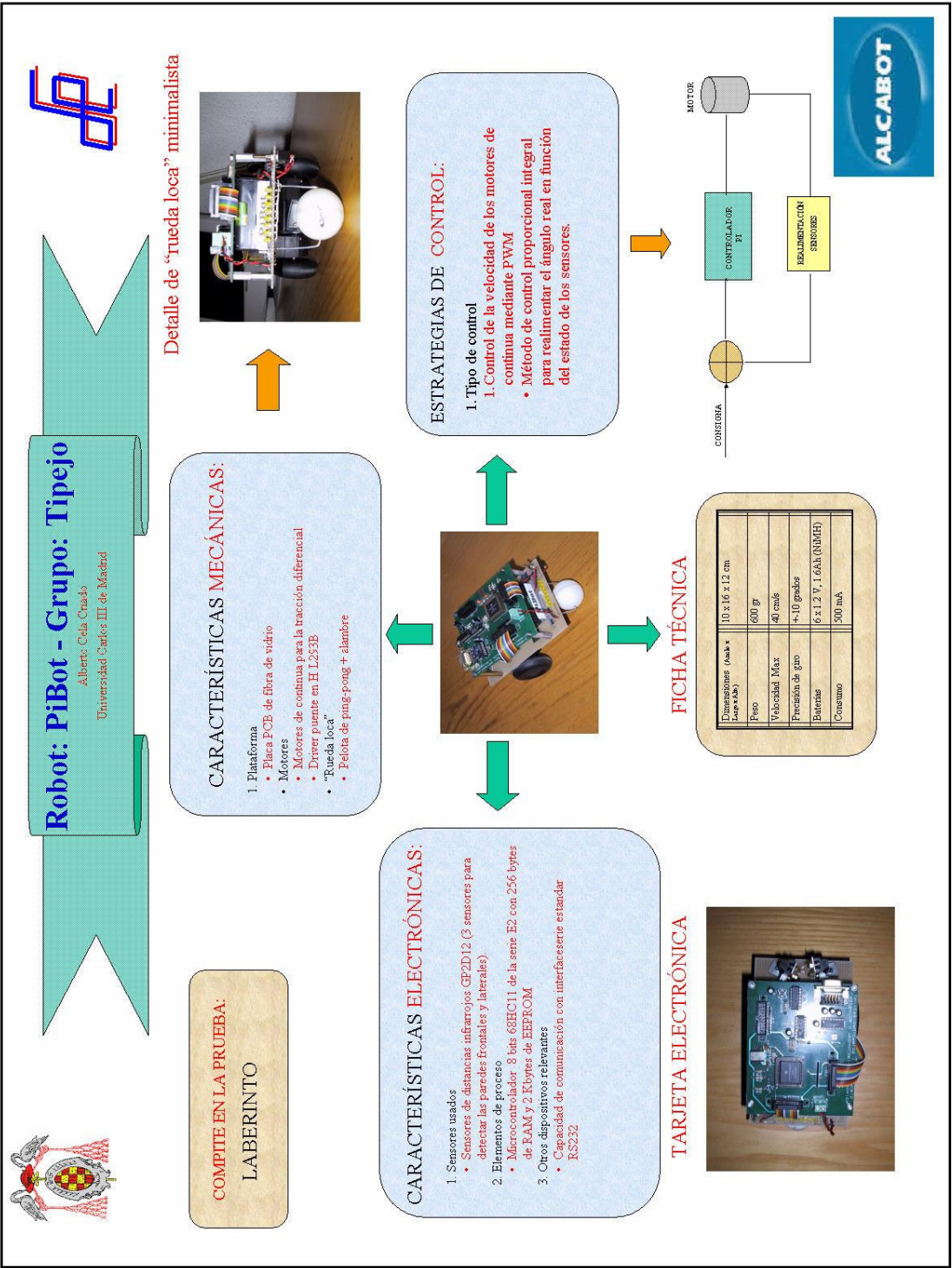
Las hojas de catálogo de los componentes bajadas de internet de las páginas de los fabricantes y también:

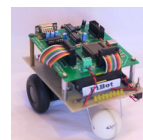
- [1] F.M. Cady "Software and Hardware Engineering"
- [2] Resistor (revista de electrónica). Numeros 184 a 186
- [3] Joseph L. Jones, Anita M. Flynn "Mobile robots"





4. Poster divulgativo para el concurso





5. Tríptico del concurso

PRESENTACIÓN DE ROBOTS PARTICIPANTES

Para impulsar la difusión de conocimientos y la participación en otras ediciones, los grupos participantes en el concurso deben presentar un pequeño artículo y un póster comentando el sistema sensorial, sistema de control y arquitectura hardware utilizada. (Consultarse la página Web para ver los formatos y ejemplos).

El póster, para su exposición, se entregará en el control de firmas, durante la celebración del concurso, pero el artículo se deberá recibir antes del día 19-04-2002, con el fin de ser incorporado en un CD-ROM para su distribución entre los participantes.

PREMIOS

La organización concederá, al menos, los siguientes premios por cada una de las pruebas:

- Primer premio: 600 euros
- Segundo premio: 300 euros
- Tercer premio: 150 euros

Además, el mejor clasificado en la prueba libre en la modalidad de "Biliar Aéreo" recibirá una bolsa de viaje, valorada en 1000 euros, para asistir a EUROBOT'02, organizado en la presente edición en Francia.

COMITÉ ORGANIZADOR

Coordinación y asuntos económicos:

D. M. Maza Quintas
D. J. Pastor Mendoza
D. F. J. Rodríguez Sánchez
D. J. Ureña Ureña

Responsables pruebas:

D. R. Barea Navarro
D. F. Espinosa Zapata
D. J. C. García Domínguez
D. J. C. García García
D. J. L. Lázaro Galilea

Responsables secretaría técnica:

D^a. M. S. Escudero Hernanz
D^a. M. Marrón Romero

Página Web:

D. S. Cobreses Alvarez
D. J. L. Martín Sánchez
D. D. Pizarro Pérez

Puesta en escena:

D^a. L. M. Bergasa Pascual
D^a. A. López Dorado

Edición CD-ROM:

D. A. Hernández Alonso

SECRETARÍA

ALCABOT 2002
Secretaría del Departamento de Electrónica
Escuela Politécnica. Universidad de Alcalá
Campus Universitario, S/N.
Carretera de Barcelona Km 33,600
28805 Alcalá de Henares (Madrid)
Teléfono: 918856540 Fax: 918856591
E-mail: secretaria-alcabot2002@depeca.uah.es
http://www.alcabot.uah.es/alcabot2002

ORGANIZA

Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá.



PATROCINAN

- Vicerrectorado de Extensión Universitaria de la Universidad de Alcalá
- Telefónica
- FCC, Fomento de Construcciones y Contratas
- OMRON

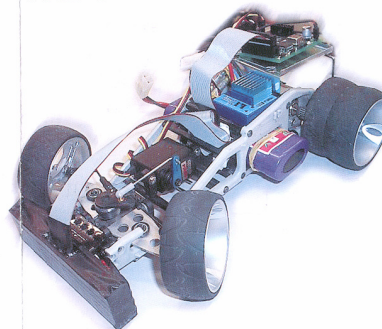
COLABORA:

- Electrónica Alcalá, S.L.



*El comité organizador se reserva el derecho de ampliar los plazos de inscripción, así como modificar las normas de las pruebas previstas.

III CONCURSO DE MICRO-ROBOTS DE LA UNIVERSIDAD DE ALCALÁ ALCABOT 2002



Modalidades:

Rastreadores • Velocistas • Laberinto
Sumo • Prueba libre

Escuela Politécnica
25 y 26 de abril de 2002

www.alcabot.uah.es

Organiza:

Departamento de Electrónica

PRESENTACIÓN

Por tercer año consecutivo, el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá organiza este encuentro anual para todos los amantes de la Robótica (y público en general) en el que, durante varios días, diversos robots móviles autónomos participan en competiciones mostrando su ingenio, habilidad y creatividad. Dejando a un lado el aspecto competitivo, el concurso permite a los estudiantes de ingeniería desarrollar un proyecto técnico desde el diseño a la implementación, desde un punto de vista divertido, y fomentando la divulgación de conocimientos.

Este año, Alcabot'2002, dentro de la modalidad de "Prueba Libre", organiza la Spanish Cup (prueba clasificatoria para los grupos españoles que deseen competir en EUROBOT'02, competición internacional celebrada en Francia).

LUGAR Y FECHAS DE CELEBRACIÓN

El concurso se celebrará en el salón de actos de la Escuela Politécnica de la Universidad de Alcalá, sita en el Campus Universitario.

Fechas de celebración: 25 y 26 de Abril de 2002.

Límite para la recepción de inscripciones: 05-04-2002

INSCRIPCIONES*

El concurso queda abierto a cualquier persona interesada en participar. Para realizar la inscripción se deberá rellenar el formulario existente en la página Web del concurso: (<http://www.alcabot.uah.es/alcabot2002>)

Cuota de inscripción:

- Desde el 01-03-2002 hasta el 15-03-2002: 12 euros
- Desde el 16-03-2002 hasta el 05-04-2002: 18 euros

Si un equipo inscribe a más de un robot se aplicará un descuento del 50% en las inscripciones adicionales. Se procederá de la misma forma si algún equipo inscribe un robot en diferentes pruebas.

El importe podrá ser ingresado en cualquier sucursal de Caja Madrid (o abonarse mediante transferencia) en la siguiente cuenta bancaria: 2038-2201-21-6000662670.

En un plazo de diez días después de realizar la inscripción, y siempre antes del 6 de Abril de 2002 se deberá entregar el justificante de pago en la secretaría del Departamento de Electrónica, en horario de 10 h a 14h. Dicho justificante también puede ser enviado por fax o por correo electrónico, mediante archivo escaneado adjunto.

PRUEBAS*

En el concurso ALCABOT'2002 se celebrarán cinco modalidades de pruebas:

- Modalidad "Rastreadores"
- Modalidad "Sumo"
- Modalidad "Velocistas"
- Modalidad "Laberinto"
- Modalidad "Prueba Libre"

Las normas de participación en cada una de las pruebas, así como las características de los circuitos, micro-robots y definición de los equipos se encuentran ampliamente detalladas en la página Web del concurso o en la secretaría del Departamento de Electrónica. Las características más relevantes de las pruebas son éstas:

Rastreadores

Esta prueba valorará la habilidad de un micro-robot para recorrer un camino sinuoso previamente establecido, en el menor tiempo posible. Se conjugarán, por lo tanto, dos aspectos importantes: capacidad de detección, seguimiento del camino y rapidez con que se ejecutan las maniobras. Como novedad, este año se puntuará negativamente a los micro-robot que equivoquen el camino marcado.

Velocistas

El concurso de velocidad consistirá en una carrera de persecución entre dos micro-robots en una pista cerrada comenzando en puntos opuestos y avanzando en el mismo sentido (la pista es si-

métrica garantizando que ambos micro-robots encuentran tramos de pista similares), con el fin de que un robot alcance al otro. El objeto, por tanto, será la consecución de altas velocidades de marcha en un recorrido perfectamente preestablecido.

Laberinto

La prueba consistirá en la navegación autónoma por un laberinto de 4x4 metros cuadrados entre un punto inicial de partida y la salida, ganando la prueba el que realice el trayecto en el menor tiempo posible. El plano del laberinto será conocido a priori y podrá ser utilizado en los algoritmos de guiado del robot. La posición inicial y la de la salida se reservan hasta el día de la prueba.

Sumo

Esta prueba consiste en la lucha de dos micro-robots dentro del área de combate. El vencedor es el que obtiene el mayor número de puntos efectivos, no permitiéndose un comportamiento pasivo del micro-robot.

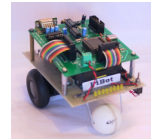
Prueba libre

El objetivo de esta modalidad es premiar las habilidades de los concursantes para resolver mediante micro-robots móviles pruebas libremente seleccionadas por ellos mismos. Aparte de la definición exacta de la prueba que se desea superar y de la adaptación del micro-robot para la misma, será responsabilidad de los concursantes el proveer de todo el material necesario que su desarrollo requiera. Debido a las características tan dispares de esta prueba, la organización se reserva el derecho de aceptación de los equipos que deseen participar en la modalidad de "prueba libre".

Este año se incluye como prueba libre la correspondiente a EUROBOT'02, denominada modalidad "Biliar Aéreo" cuya normativa en castellano puede consultarse en la secretaría de Alcabot o en su página Web: http://www.anstj.org/robot/concours/eurobot/garde_es.html

Los ganadores de esta prueba se clasificarán para asistir al concurso europeo como representantes españoles.





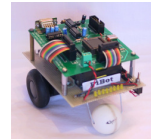
6. Programa del microcontrolador

```
*****
*
* Programa: PiBot.asm (microbot para la prueba del laberinto)
* Autor: Alberto Cela Criado
* Fecha: 25-4-2002
*
* Entradas: PE7. Se conecta a Vout del sensor central
*           PE6. Se conecta a Vout del sensor izquierdo
*           PE4. Se conecta a Vout del sensor derecho
*           PE2. Se conecta a la resistencia menor
*
* Salidas: PA6. Se conecta al pin 2 del L293B
*          PA5. Se conecta al pin 10 del L293B
*          PA4. Se conecta al pin 15 del L293B
*          PA3. Se conecta al pin 7 del L293B
*          PortB. Se conecta a los LEDs
*
* Sensores de distancias: GP2D12
*
* Al arrancarlo, avanza recto hasta que encuentra una pared
* mediante cualquiera de los 3 sensores. Despues sigue la
* pared de la izquierda o la de la derecha durante 15 y 5
* segundos, respectivamente. Transcurrido ese tiempo cambia
* de pared.
*
* Utiliza los sensores laterales para avanzar en paralelo a
* una pared manteniendose a entre 17 y 20 cm de la misma. Si
* esta a mas de 40 cm porque no hay pared, se acerca mas deprisa.
* Utiliza el sensor frontal para detectar las paredes de frente,
* de forma que a menos de 28 cm, se aleja mas rapido
* Utiliza el timer 1 para leer las distancias y corregir la
* posicion, cada 20 ms.
* PA6 (PA4) y PA5 (PA3) controlan el sentido de giro de los
* motores y reducen la velocidad mediante PWM.
*
* La tension de los motores es de aproximadamente 7V2
* PE1 monitoriza la tension de la bateria, de manera que si
* es menor de 6V5 (agotada) lo visualiza en los LEDs.
*
*****
```

* Definiciones del programa

Precarga	EQU	6800	;7 ms
Precarga0	EQU	24000	;8 ms
Precarga1	EQU	40000	;20 ms
Precarga3	EQU	18000	;4 ms
Precarga4	EQU	7000	;1.25 ms





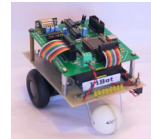
* Almacenamiento de las variables

	ORG	RAM
Precarga2	RMB	2
F_Pared	RMB	1
Contador_I1	RMB	1
Contador_I2	RMB	1
Contador_D	RMB	1
F_Cambio_I	RMB	1
F_Cambio_D	RMB	1

* Programa principal

	ORG	INICIO
	ldx	#REGISTROS
	lds	#STACK
	bclr	PORTA,XPA3 PA4
	bset	PORTA,XPA5 PA6 ;habilita los motores
	clr	OC1D,X
	clr	OC1M,X ;inicializa los motores (avanza recto)
	clr	Contador_I1
	clr	Contador_I2
	clr	Contador_D
	clr	F_Cambio_I
	clr	F_Cambio_D
	bset	OPTION,X ADPU ;enciende el AD
* Búsqueda de pared inicial		
Busca_pared	ldaa	#10 ;retardo de 100 ms (necesario para AD)
	jsr	Retardo_ms
	ldaa	#MULT CC
	jsr	Convierte
	ldaa	ADR3,X ;lee la distancia del sensor izquierdo
	cmpa	#74
	blo	Siguiente1 ;salta, si no detecta una pared a menos de 20 cm
	bra	Pared_I
Siguiente1	ldaa	ADR1,X ;lee la distancia del sensor derecho
	cmpa	#74
	blo	Siguiente2 ;salta, si no detecta una pared a menos de 20 cm
	bclr	F_Pared \$FF ;activa flag de pared a la derecha
	bra	Pared_vista
Siguiente2	ldaa	ADR4,X ;lee la distancia del sensor central
	cmpa	#59
	blo	Busca_pared ;salta, si no detecta una pared a menos de 26 cm
Pared_I	bset	F_Pared \$FF ;activa flag de pared a la izquierda
Pared_vista	bset	TMSK1,X OC1I ;habilita int. TOC1





```
cli                ;habilita int. global
```

* Visualizacion del estado de las baterias

Bucle

```

ldaa    ADR2,X    ;lee la tension de las baterias
cmpa    #214
blo     Bateria_ok    ;salta, si la tension es mayor que 6V5
ldy     #Tabla_scaner    ;efecto cruce de luces
ldab    14
bra     Siguiente
Bateria_ok    ldy     #Tabla_cruce ;efecto escaner (para comprobar bits PortB)
ldab    #6
Siguiente    ldaa    0,Y
staa    PORTB,X
ldaa    #7        ;retardo de 70 ms (para rotación de efectos luces)
jsr     Retardo_ms
ldaa    MULT
jsr     Convierte
Motores_ok    iny
decb
bne     Siguiente
bra     Bucle
```

* Rutina int. TOC1

* Generacion de señal PWM

```

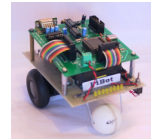
Rutina_TOC1    ldx     #REGISTROS
com        OC1D,X
brset     OC1D,X OC1D5    Precarga_dif
ldd        TOC1,X
add        Precarga2
std        TOC1,X ;actualiza TOC1 (Precarga2)
jmp        Fin_TOC1
Precarga_dif    ldd        TOC1,X
add        #Precarga1
subd       Precarga2
std        TOC1,X ;actualiza TOC1 (20 ms-Precarga2)
```

* Cambio de pared

```

tst        F_Pared
beq        Sigue_D    ;salta si el robot esta siguiendo la pared derecha
inc        Contador_I1
ldaa       Contador_I1
cmpa       #250
bne        Sigue_igual    ;salta si no han pasado 5 segundos
clr        Contador_I1
inc        Contador_I2
ldaa       Contador_I2
cmpa       #3
bne        Sigue_igual    ;salta si no han pasado 15 segundos
```





```

        clr      Contador_I2
        bset     F_Cambio_D $FF ;activa el flag de cambio de pared a derecha
Sigue_D      inc      Contador_D
        ldaa     Contador_D
        cmpa     #250
        bne     Sigue_igual      ;salta si no han pasado 5 segundos
        clr      Contador_D
        bset     F_Cambio_I $FF ;activa el flag de cambio de pared a izquierda

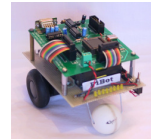
* Deteccion de pared frontal
Sigue_igual  ldaa     #MULT|CC
        jsr      Convierte
        ldaa     ADR4,X          ;lee la distancia del sensor central

        cmpa     #54
        blo      Continua      ;salta, si la pared esta a mas de 28 cm
        tst      F_Pared
        bne     Sigue_I      ;salta si el robot esta siguiendo la pared izquierda
        bclr     PORTA,XPA5      ;gira a la izquierda pivotando (el motor
        ldab     #OC1M4|OC1M6    ;dcho. gira adelante y el izq. hacia atrás)
        bra      Continua_D
Sigue_I      bclr     PORTA,XPA6    ;gira a la derecha pivotando (el motor
        ldab     #OC1M3|OC1M5    ;dcho. gira hacia atrás y el izq. adelante)
Continua_D   stab     OC1M,X
        ldd      #Precarga4
        std      Precarga2 ;reduce la velocidad de los motores (12%)
        jmp      Fin_TOC1

* Espera para cambio de pared
Continua     tst      F_Pared
        bne     Sigue_I1      ;salta si el robot esta siguiendo la pared izquierda
        tst      F_Cambio_I
        beq      Lee_D          ;salta si no hay que cambiar de pared
        ldaa     ADR3,X          ;lee la distancia del sensor izquierdo
        cmpa     #51
        bhi      Cambia_I      ;salta, si detecta una pared a menos de 30 cm
Lee_D        ldaa     ADR1,X      ;lee la distancia del sensor derecho
        bra      Continua_D1
Cambia_I     bset     F_Pared $FF      ;cambia a la pared izquierda
        clr      F_Cambio_I
        bra      Continua_D1
Sigue_I1     tst      F_Cambio_D
        beq      Lee_I          ;salta si no hay que cambiar de pared
        ldaa     ADR1,X          ;lee la distancia del sensor derecho
        cmpa     #51
        bhi      Cambia_D      ;salta, si detecta una pared a menos de 30 cm
Lee_I        ldaa     ADR3,X      ;lee la distancia del sensor izquierdo
        bra      Continua_D1
Cambia_D     bclr     F_Pared $FF      ;cambia a la pared derecha
        clr      F_Cambio_D

```

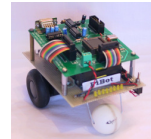




* Seguimiento de paredes

Continua_D1	bclr	PORTA,XPA3 PA4
	cmpa	#66
	blo	Acerca ;si la pared esta a mas de 20 cm, se acerca a esta
	cmpa	#71
	bhi	Aleja ;si la pared esta a menos de 17 cm, se aleja de esta
	bset	PORTA,XPA5 PA6
	clr	OC1M,X ;si la pared esta a entre 17 y 20 cm, avanza
	bra	Fin_TOC1
Acerca	tst	F_Pared
	bne	Sigue_I2 ;salta si el robot esta siguiendo la pared izquierda
	bset	PORTA,XPA5
	ldab	#OC1M6 ;gira a la derecha
	bra	Continua_D2
Sigue_I2	bset	PORTA,XPA6
	ldab	#OC1M5 ;gira a la izquierda
Continua_D2	stab	OC1M,X
	cmpa	#60
	blo	Acerca_1 ;salta, si la pared esta a mas de 21 cm
	ldd	#Precarga0
	std	Precarga2 ;reduce la velocidad de uno de los motores (35%)
	bra	Fin_TOC1 ;(el izq., si está siguiendo la pared izq. y vice.)
Acerca_1	ldd	#Precarga
	std	Precarga2 ;reduce la velocidad del motor izquierdo (15%)
	bra	Fin_TOC1
Aleja	tst	F_Pared
	bne	Sigue_I3 ;salta si el robot esta siguiendo la pared izquierda
	bset	PORTA,XPA6 ;gira a la izquierda
	ldab	#OC1M5
	bra	Continua_D3
Sigue_I3	bset	PORTA,XPA5 ;gira a la derecha
	ldab	#OC1M6
Continua_D3	stab	OC1M,X
	cmpa	#77
	bhi	Aleja_1 ;salta, si la pared esta a menos de 16 cm
	ldd	#Precarga0
	std	Precarga2 ;reduce la velocidad de uno de los motores (35%)
	bra	Fin_TOC1 ;(el dcho., si está siguiendo la pared izq. y vice.)
Aleja_1	ldd	#Precarga3
	std	Precarga2 ;reduce la velocidad de uno de los motores (15%)
Fin_TOC1	bset	TFLG1,X OC1F ;borra flag int.
	rti	





* Rutina que genera retardos de $N \times 10$ ms.

* En A se pasa N.

```
Retardo_ms      pshx
Bucle_o         ldx  #2499
Bucle_i         dex
                nop
                bne  Bucle_i
                deca
                bne  Bucle_o
                pulx
                rts
```

* Rutina que programa el AD para realizar las conversiones

* En A se pasa el/los canal/les a convertir

```
Convierte        staa  ADCTL,X
Espera_conver    brclr ADCTL,X CCF  Espera_conver
                rts
```

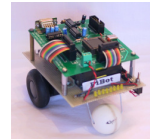
```
Tabla_scaner     FCB   1,2,4,8,16,32,64
                  FCB   128,64,32,16,8,4,2  ;efecto scaner de luces
Tabla_cruce      FCB   129,66,36,24,36,66  ;efecto cruce de luces
```

* Tabla de Vectores de interrupcion

```
ORG    TIMER_OC1
FDB    Rutina_TOC1
```

```
ORG    RESET
FDB    INICIO
```





7. Hoja de características del sensor GP2D12

SHARP

GP2D12/GP2D15

GP2D12/GP2D15

General Purpose Type Distance Measuring Sensors

■ Features

1. Less influence on the color of reflective objects, reflectivity
2. Line-up of distance output/distance judgement type
 - Distance output type (analog voltage) : **GP2D12**
 - Detecting distance : 10 to 80cm
 - Distance judgement type : **GP2D15**
 - Judgement distance : 24cm
 - (Adjustable within the range of 10 to 80cm)
3. External control circuit is unnecessary
4. Low cost

■ Applications

1. TVs
2. Personal computers
3. Cars
4. Copiers

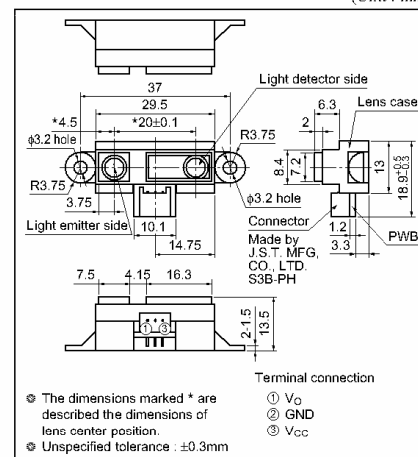
■ Absolute Maximum Ratings

(Ta=25°C, Vcc=5V)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V _{cc}	-0.3 to +7	V
Output terminal voltage	V _O	-0.3 to V _{cc} +0.3	V
Operating temperature	T _{op}	-10 to +60	°C
Storage temperature	T _{stg}	-40 to +70	°C

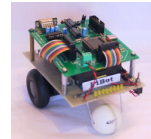
■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



Notice In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP devices shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.
Internet Internet address for Electronic Components Group <http://www.sharp.co.jp/eca/>



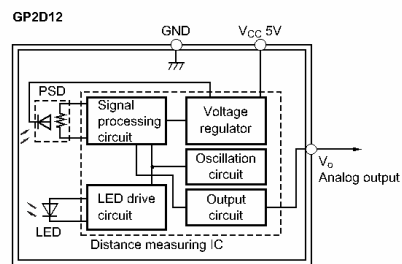
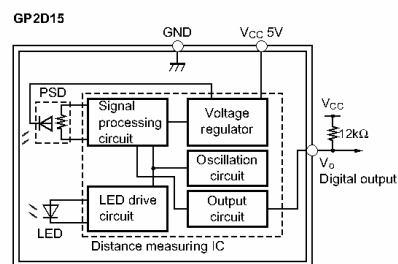
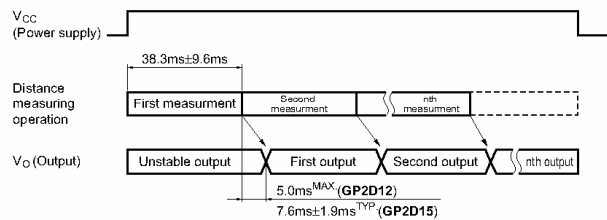
**SHARP****GP2D12/GP2D15****■ Recommended Operating Conditions**

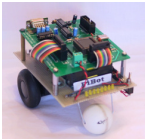
Parameter	Symbol	Rating	Unit
Operating supply voltage	V_{CC}	4.5 to +5.5	V

■ Electro-optical Characteristics(Ta=25°C, $V_{CC}=5V$)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Distance measuring range	ΔL	^{*1} ^{*2}	10	—	80	cm
Output terminal voltage	GP2D12	V_O L=80cm ^{*1}	0.25	0.4	0.55	V
	GP2D15	V_{OH} Output voltage at High ^{*1}	$V_{CC}-0.3$	—	—	V
		V_{OL} Output voltage at Low ^{*1}	—	—	0.6	V
Difference of output voltage	GP2D12	ΔV_O Output change at L=80cm to 10cm ^{*1}	1.75	2.0	2.25	V
Distance characteristics of output	GP2D15	V_O ^{*1} ^{*2} ^{*4}	21	24	27	cm
Average Dissipation current	I_{CC}	L=80cm ^{*1}	—	33	50	mA

Note) L : Distance to reflective object.

^{*1} Using reflective object : White paper (Made by Kodak Co. Ltd. gray cards R-27 : white face, reflective ratio : 90%).^{*2} We ship the device after the following adjustment : Output switching distance L=24cm±3cm must be measured by the sensor.^{*3} Distance measuring range of the optical sensor system.^{*4} Output switching has a hysteresis width. The distance specified by V_O should be the one with which the output L switches to the output H.**Fig.1 Internal Block Diagram****Fig.2 Internal Block Diagram****Fig.3 Timing Chart**



SHARP

GP2D12/GP2D15

Fig.4 Distance Characteristics

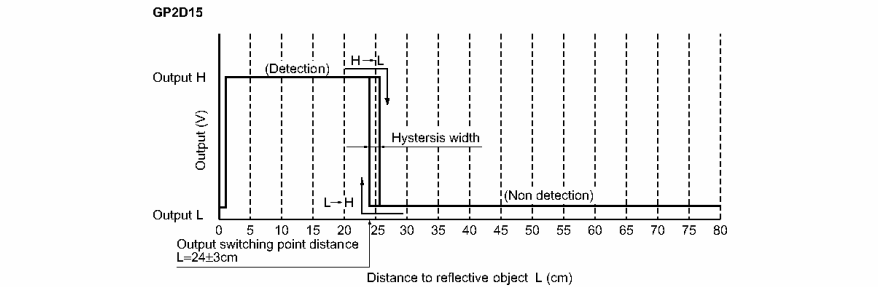


Fig.5 Analog Output Voltage vs. Surface Illuminance of Reflective Object

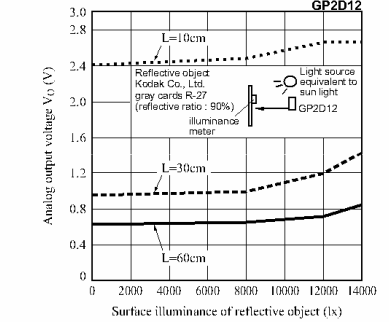


Fig.6 Analog Output Voltage vs.Distance to Reflective Object

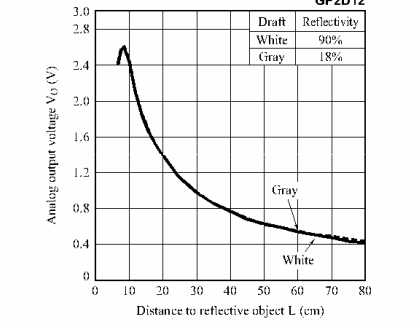


Fig.7 Analog Output Voltage vs.Ambient Temperature

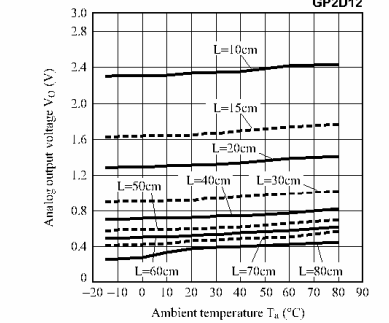
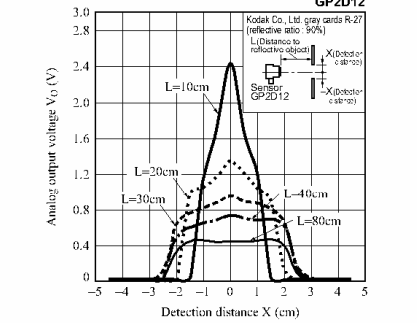
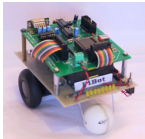



Fig.8 Analog Output Voltage vs.Detection Distance





8. Hoja de características del driver L293B



L293B
L293E

PUSH-PULL FOUR CHANNEL DRIVERS

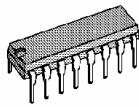
- OUTPUT CURRENT 1A PER CHANNEL
- PEAK OUTPUT CURRENT 2A PER CHANNEL (non repetitive)
- INHIBIT FACILITY
- HIGH NOISE IMMUNITY
- SEPARATE LOGIC SUPPLY
- OVERTEMPERATURE PROTECTION

DESCRIPTION

The L293B and L293E are quad push-pull drivers capable of delivering output currents to 1A per channel. Each channel is controlled by a TTL-compatible logic input and each pair of drivers (a full bridge) is equipped with an inhibit input which turns off all four transistors. A separate supply input is provided for the logic so that it may be run off a lower voltage to reduce dissipation.

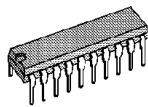
Additionally, the L293E has external connection of sensing resistors, for switchmode control.

The L293B and L293E are package in 16 and 20-pin plastic DIPs respectively; both use the four center pins to conduct heat to the printed circuit board.



DIP16

ORDERING NUMBER : L293B



POWERDIP (16 + 2 + 2)

ORDERING NUMBER : L293E

PIN CONNECTIONS

DIP16 - L293B

CHIP ENABLE 1	1	16	V _{SS}
INPUT 1	2	15	INPUT 4
OUTPUT 1	3	14	OUTPUT 4
GND	4	13	GND
GND	5	12	GND
OUTPUT 2	6	11	OUTPUT 3
INPUT 2	7	10	INPUT 3
V _S	8	9	CHIP ENABLE 2

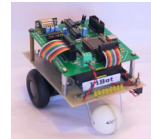
S-4169

POWERDIP (16+2+2) - L293E

CHIP ENABLE 1	1	20	V _{SS}
INPUT 1	2	19	INPUT 4
OUTPUT 1	3	18	OUTPUT 4
SENSE 1	4	17	SENSE 4
GND	5	16	GND
GND	6	15	GND
SENSE 2	7	14	SENSE 3
OUTPUT 2	8	13	OUTPUT 3
INPUT 2	9	12	INPUT 3
V _S	10	11	CHIP ENABLE 2

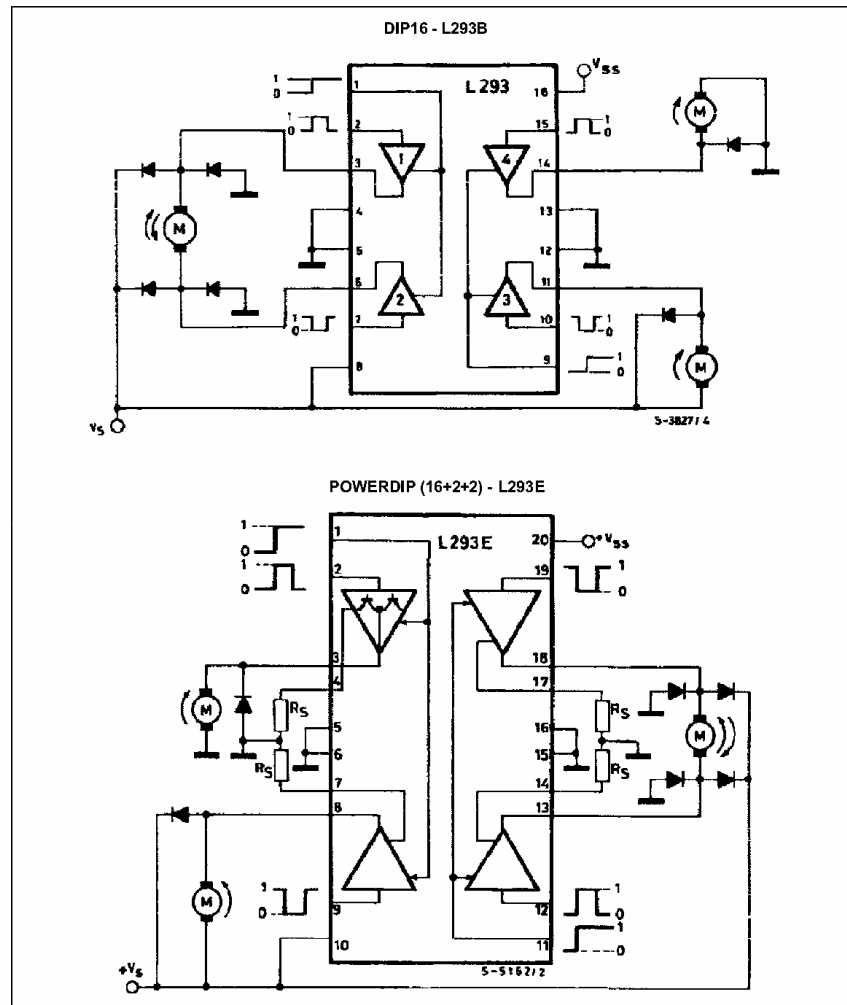
S-5157

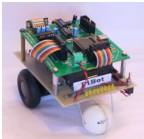




L293B - L293E

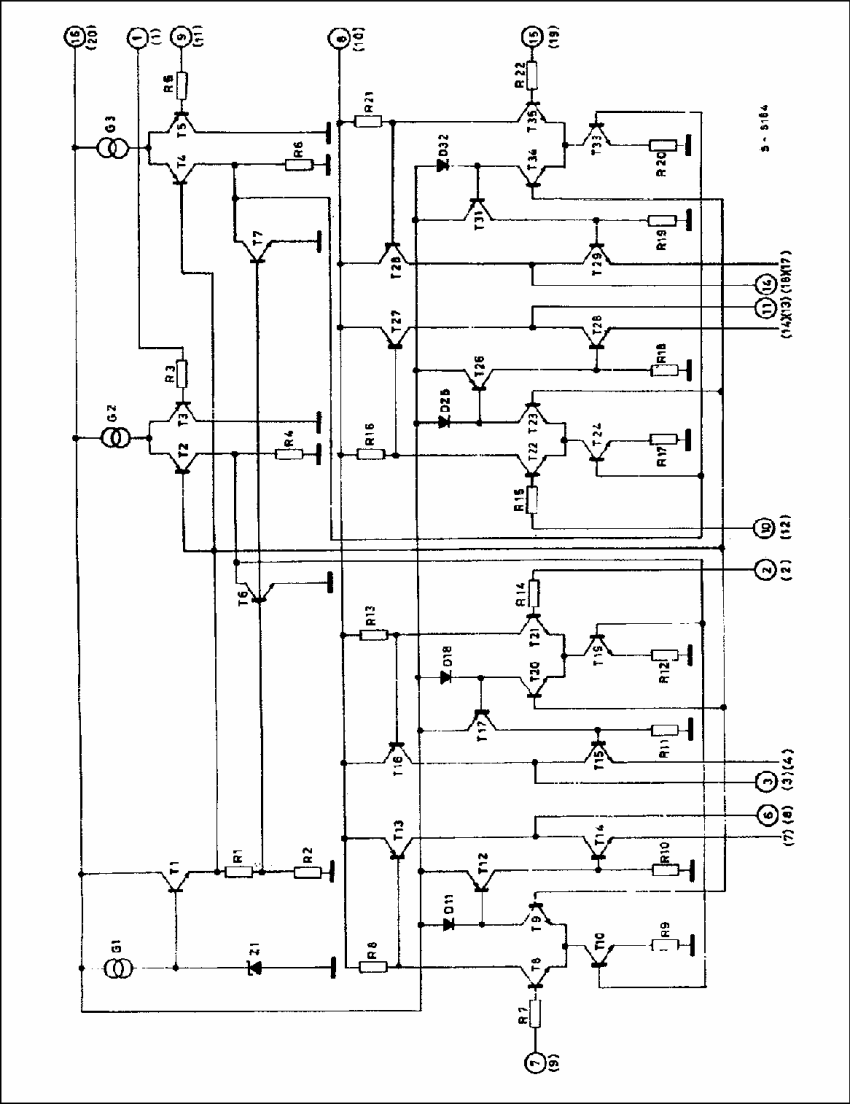
BLOCK DIAGRAMS





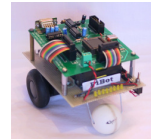
L293B - L293E

SCHEMATIC DIAGRAM



(*) In the L293 these points are not externally available. They are internally connected to the ground (substrate).
O Pins of L293 () Pins of L293E.





L293B - L293E

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Supply Voltage	36	V
V_{ss}	Logic Supply Voltage	36	V
V_i	Input Voltage	7	V
V_{inh}	Inhibit Voltage	7	V
I_{out}	Peak Output Current (non repetitive $t = 5ms$)	2	A
P_{tot}	Total Power Dissipation at $T_{ground-pins} = 80^\circ C$	5	W
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to +150	$^\circ C$

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{th\ j-case}$	Thermal Resistance Junction-case Max.	14	$^\circ C/W$
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient Max.	80	$^\circ C/W$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

For each channel, $V_s = 24V$, $V_{ss} = 5V$, $T_{amb} = 25^\circ C$, unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_s	Supply Voltage		V_{ss}		36	V
V_{ss}	Logic Supply Voltage		4.5		36	V
I_s	Total Quiescent Supply Current	$V_i = L \quad I_o = 0 \quad V_{inh} = H$ $V_i = H \quad I_o = 0 \quad V_{inh} = H$ $V_{inh} = L$		2 16	6 24 4	mA
I_{ss}	Total Quiescent Logic Supply Current	$V_i = L \quad I_o = 0 \quad V_{inh} = H$ $V_i = H \quad I_o = 0 \quad V_{inh} = H$ $V_{inh} = L$		44 16 16	60 22 24	mA
V_{iL}	Input Low Voltage		-0.3		1.5	V
V_{iH}	Input High Voltage	$V_{ss} \leq 7V$ $V_{ss} > 7V$	2.3 2.3		V_{ss} 7	V
I_{iL}	Low Voltage Input Current	$V_{iL} = 1.5V$			-10	μA
I_{iH}	High Voltage Input Current	$2.3V \leq V_{iH} \leq V_{ss} - 0.6V$		30	100	μA
V_{inhL}	Inhibit Low Voltage		-0.3		1.5	V
V_{inhH}	Inhibit High Voltage	$V_{ss} \leq 7V$ $V_{ss} > 7V$	2.3 2.3		V_{ss} 7	V
I_{inhL}	Low Voltage Inhibit Current	$V_{inhL} = 1.5V$		-30	-100	μA
I_{inhH}	High Voltage Inhibit Current	$2.3V \leq V_{inhH} \leq V_{ss} - 0.6V$			± 10	μA
V_{CEsatH}	Source Output Saturation Voltage	$I_o = -1A$		1.4	1.8	V
V_{CEsatL}	Sink Output Saturation Voltage	$I_o = 1A$		1.2	1.8	V
V_{SENS}	Sensing Voltage (pins 4, 7, 14, 17) (**)				2	V
t_r	Rise Time	0.1 to $0.9 V_o$ (*)		250		ns
t_f	Fall Time	0.9 to $0.1 V_o$ (*)		250		ns
t_{on}	Turn-on Delay	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$ (*)		750		ns
t_{off}	Turn-off Delay	$0.5 V_i$ to $0.5 V_o$ (*)		200		ns

* See figure 1

** Referred to L293E

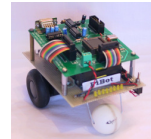
TRUTH TABLE

V_i (each channel)	V_o	$V_{inh}^{(*)}$
H	H	H
L	L	H
H	X ^(*)	L
L	X ^(*)	L

(*) High output impedance

(**) Relative to the considerate channel





L293B - L293E

Figure 1 : Switching Timers

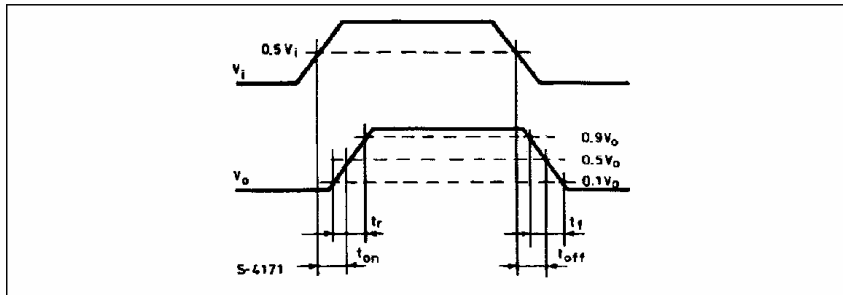


Figure 2 : Saturation voltage versus Output Current

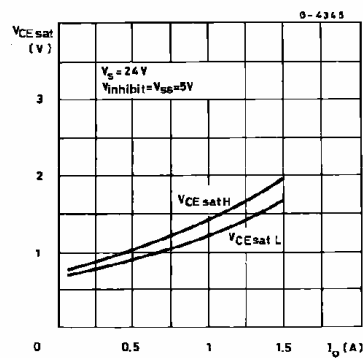


Figure 4 : Sink Saturation Voltage versus Ambient Temperature

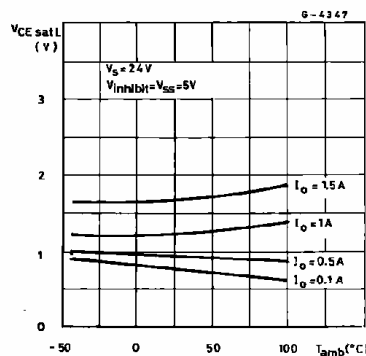


Figure 3 : Source Saturation Voltage versus Ambient Temperature

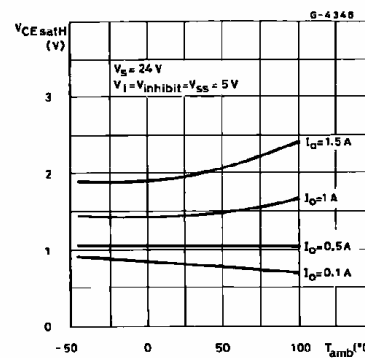
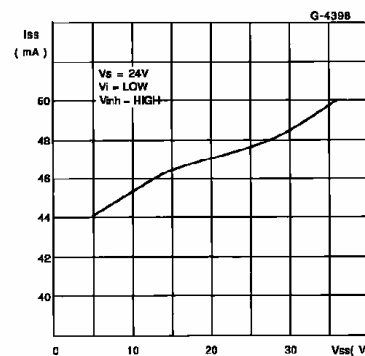
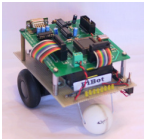


Figure 5 : Quiescent Logic Supply Current versus Logic Supply Voltage





L293B - L293E

Figure 6 : Output Voltage versus Input Voltage

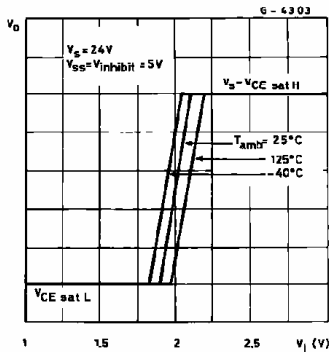
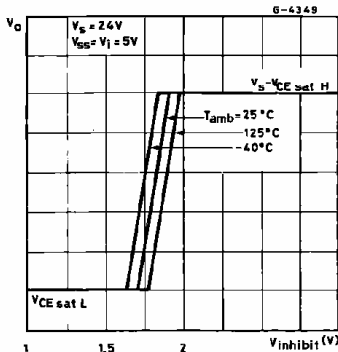
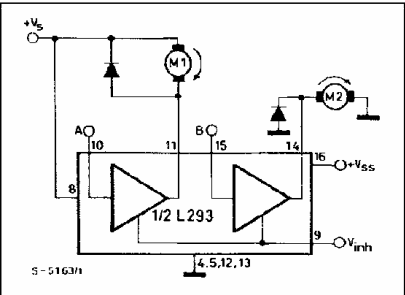


Figure 7 : Output Voltage versus Inhibit Voltage



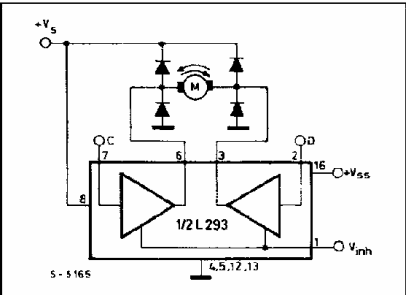
APPLICATION INFORMATION

Figure 8 : DC Motor Controls (with connection to ground and to the supply voltage)

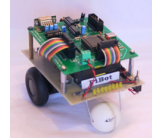


V _{inh}	A	M1	B	M2
H	H	Fast Motor Stop	H	Run
H	L	Run	L	Fast Motor Stop
L	X	Free Running Motor Stop	X	Free Running Motor Stop
L = Low		H = High	X = Don't Care	

Figure 9 : Bidirectional DC Motor Control

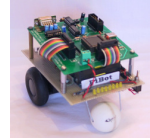


Inputs	Function	
V _{inh} = H	C = H ; D = L	Turn Right
	C = L ; D = H	Turn Left
	C = D	Fast Motor Stop
V _{inh} = L	C = X ; D = X	Free Running Motor Stop
L = Low		H = High
		X = Don't Care



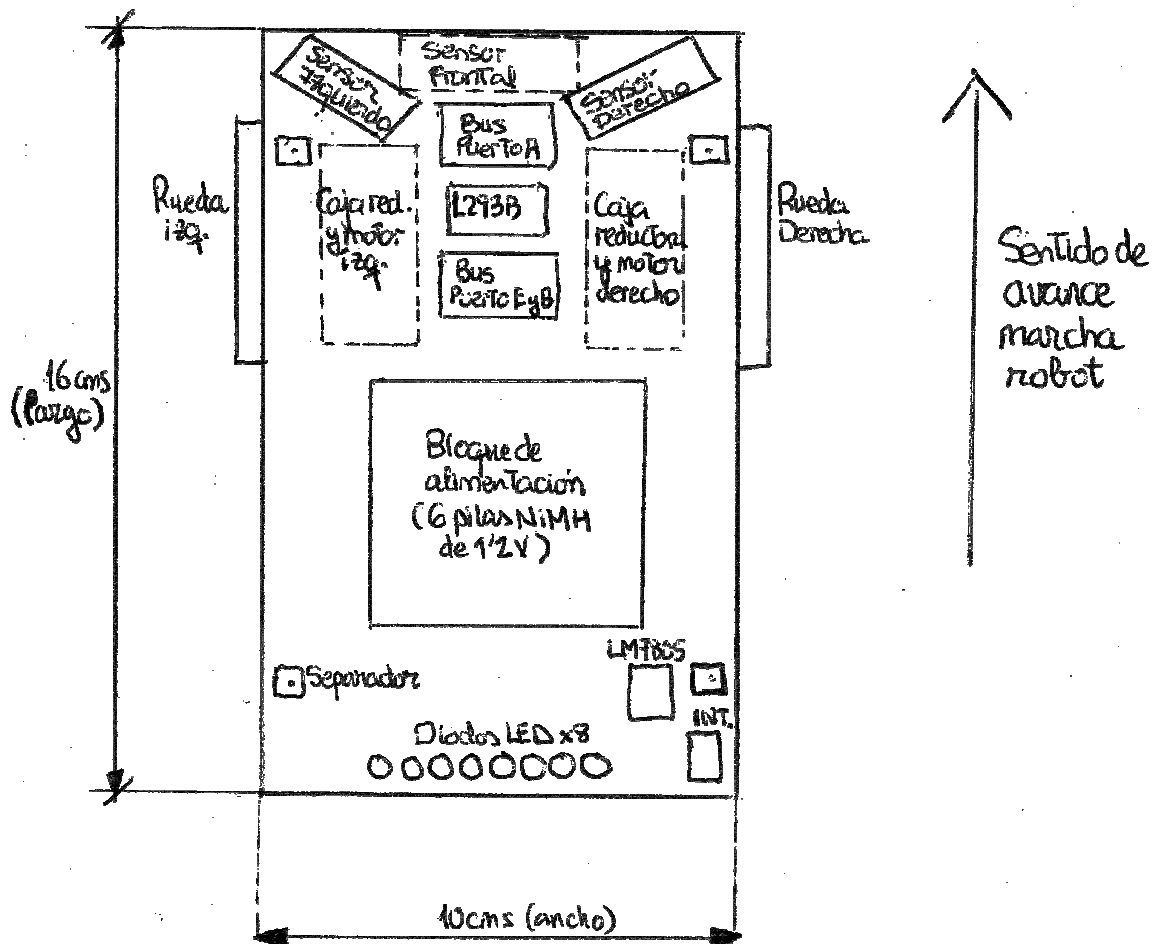
2. PLANOS



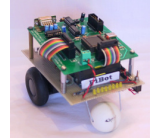


1. Diagrama de bloques de la estructura mecánica.

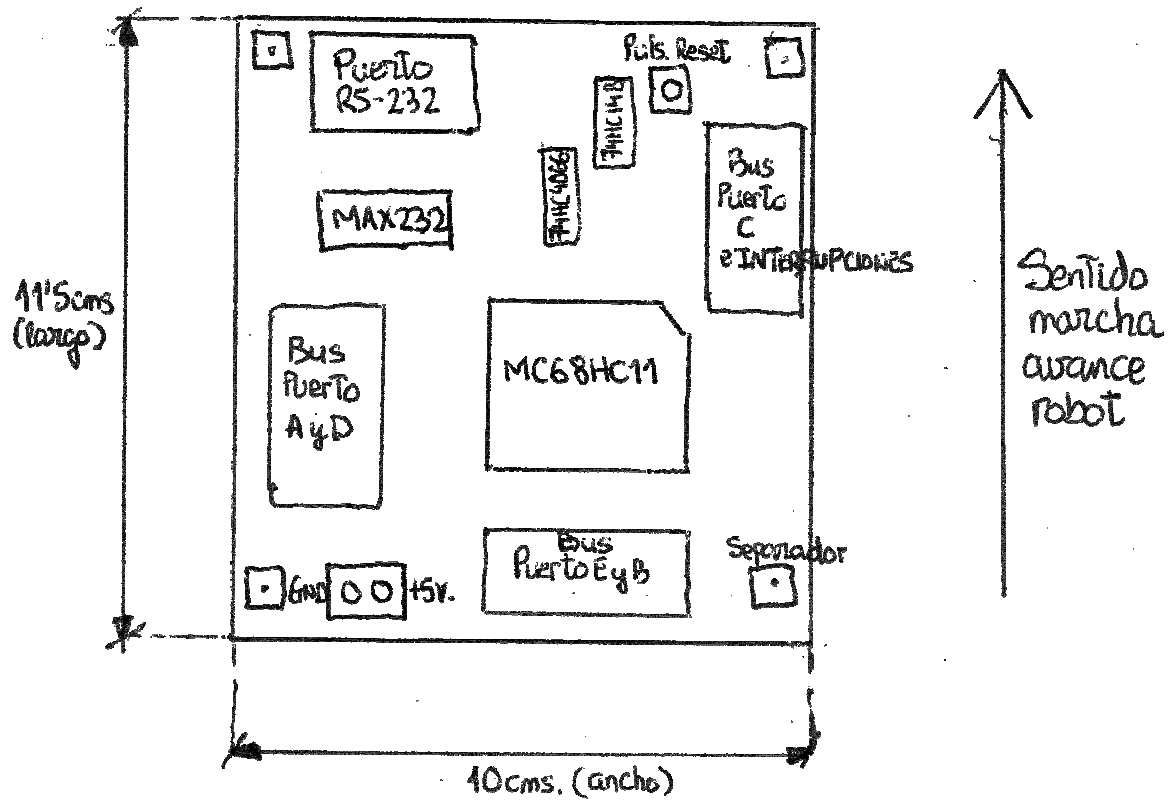
1.1. Estructura de la placa base.

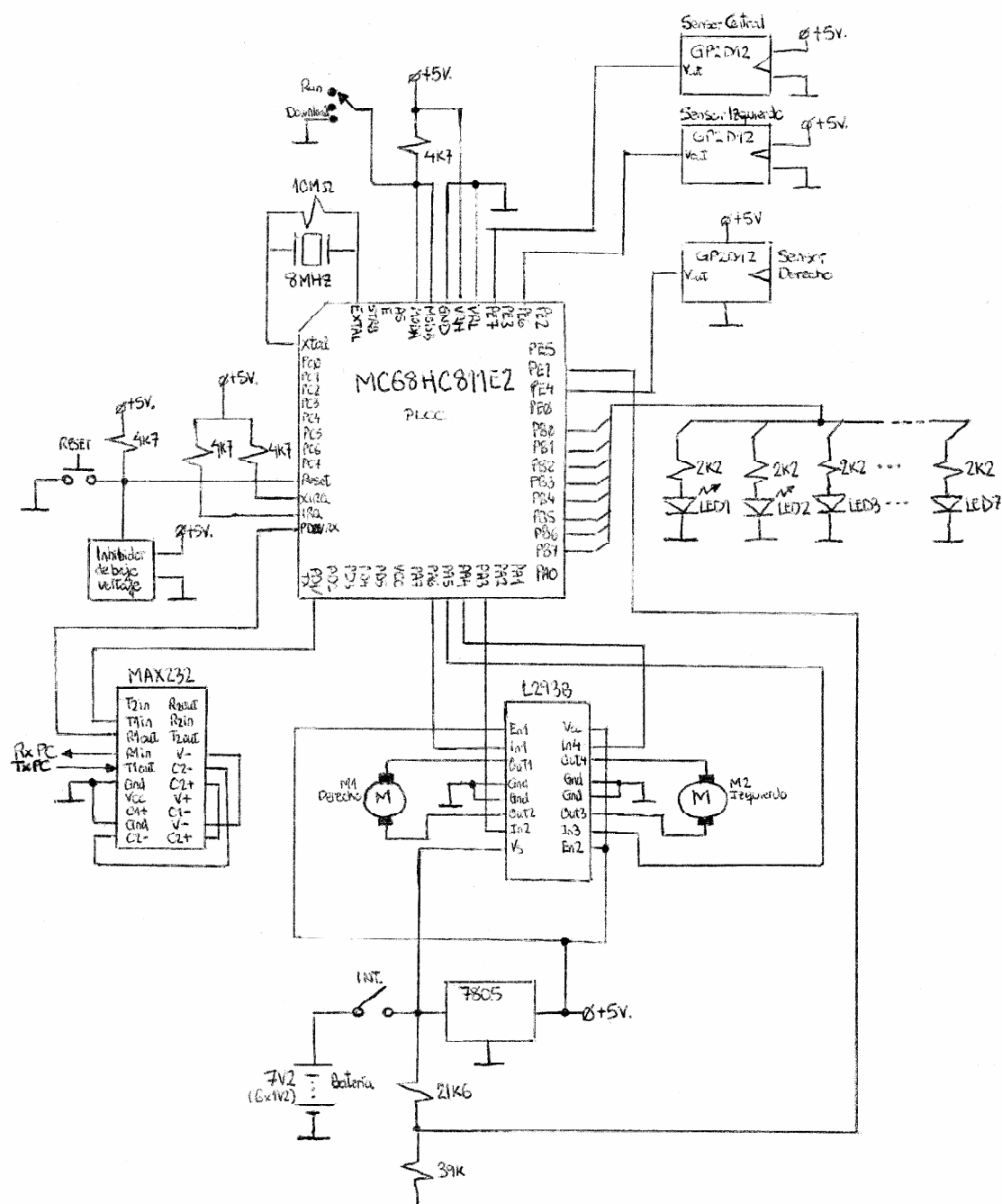


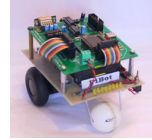
PLANOS



1.2. Estructura de la placa de control.

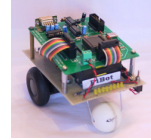






3. PLIEGO DE CONDICIONES





1. Normativa del concurso

Concurso ALCABOT'2002: desarrollo de las pruebas de Laberinto

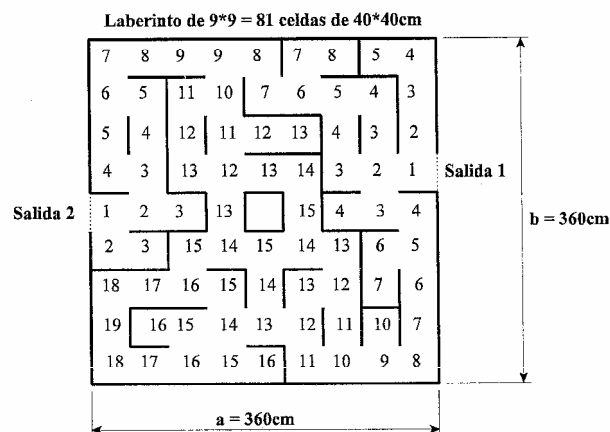
Extracto de la Normativa para la modalidad de "Laberinto"

Desarrollo final de las pruebas: serie de clasificación (25 de Abril) y final (26 de Abril)

1. Objetivo de la modalidad "Laberinto"

La prueba consistirá en la navegación autónoma a través de un laberinto cuadrado de 3'6x3'6 metros, desde un punto de partida hasta encontrar la salida. El laberinto está formado por 9x9 casillas de 40x40cm, bordeado por paredes de 25 cm de altura.

El plano definitivo del laberinto se acompaña en la figura adjunta. En ella se incluye la distancia de cada casilla a la salida más cercana. Dicha distancia está medida también en casillas:

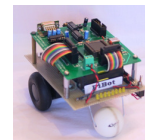


El comienzo del recorrido se realizará desde el interior del laberinto. La forma de comienzo se determinará tanto en posición (celda) como en sentido de inicio del movimiento; en adelante a esta situación se la denominará 'vector de inicio', o VI.

El número de VT's será desconocido para los mR participantes en la prueba, si bien en ningún caso el VI estará situado en las paredes exteriores del laberinto. La determinación de cuál de todos los posibles VI es el de comienzo de la prueba, se realizará por sorteo quince minutos antes del comienzo de cada sesión y será la misma para todos los robots de dicha sesión, aunque podrá cambiar entre sesiones sucesivas. La salida del laberinto podrá efectuarse por cualquiera de las dos salidas existentes, a la izquierda y a la derecha en el diagrama.

Pág. 1





Concurso ALCABOT'2002: desarrollo de las pruebas de Laberinto

2. Tipo de mR's móviles que pueden participar

Los mR's han de poseer unas dimensiones máximas, durante el transcurso de la prueba, de 20 cm de ancho, 30 cm de largo y 25 cm de alto, siendo libre el peso que puedan tener. En cualquier caso deben ser completamente autónomos, es decir, no podrán disponer de ningún tipo de conexión o comunicación con el exterior.

No se permite la existencia de ningún teclado, pulsador, u cualquier otro elemento que permita indicar, por medios externos, la VI objeto del sorteo. El robot sólo podrá disponer de un pulsador de encendido, debiendo ser su programa autocontenido y cerrado. Caso de detectarse cualquier elemento de intervención externa no autorizado, el mR será automáticamente descalificado.

3. Presentación a las pruebas

El total de robots participantes deberá presentarse en el campo de juego, como mínimo, **quince** minutos antes del inicio oficial de la prueba. Si algún mR fallase en esta convocatoria sería automáticamente descalificado.

Todos los robots participantes se agruparán en una única manga de clasificación, con un único VI para toda la sesión, esta condición se establece para garantizar igualdad de oportunidades entre los mR participantes.

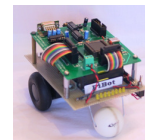
El número de sesiones inicialmente programada será de **DOS**:

- La manga de clasificación, a celebrar el día 25 de Abril entre las 10:00 y las 12:00 de la mañana. El plazo de presentación a la manga se abrirá a las 9:20 y **se cerrará a las 9:45**. Pasarán a la final los OCHO mejores robots de la sesión.
- La final, a celebrar el 26 de Abril, de 9:00 a 10:00 de la mañana. El plazo de presentación a la final se abrirá a las 8:30 y **se cerrará a las 8:45**.
- En caso de empate, se celebrará inmediatamente la sesión de desempate

Quince minutos antes del comienzo de cada sesión, se sorteará el VI del recorrido del laberinto para los robots de dicha sesión. Finalizado dicho sorteo ninguno de los robots asignados a dicha sesión podrá retirarse del campo de juego bajo descalificación automática. También será objeto de descalificación automática la modificación del código del mR mediante su conexión a otro procesador, o cualquier medio de indicación de la VI al robot por medios externos. Como tal también se considera el manipular los sensores del robot.

Pág. 2





3bis. Desarrollo de las pruebas

Se colocará un μR en el vector de posición/orientación de salida, o VI, determinado por el sorteo inicial, y se computará el tiempo hasta que consiga salir por cualquiera de las dos salidas existentes. El robot en todo caso deberá iniciar su recorrido en el sentido marcado por el VI, avanzando al menos 30 cm (esto es: al menos hasta la casilla contigua); si esta condición no se cumple, el robot deberá reiniciar el recorrido, sin parar el cronómetro en ningún caso.

Se permitirá que el mR en competición permanezca en situación de bloqueo durante la realización de la prueba (situación en la que el mR ha quedado bloqueado en alguna maniobra repetitiva, sin escape) durante un tiempo máximo de 20s. Trascurrido este tiempo el mR tendrá la posibilidad de comenzar de nuevo en la salida (acumulando tiempos) o quedar eliminado. En cualquier caso no se permitirán más de tres retornos a la salida.

El tiempo máximo para realizar la prueba será de **tres minutos**.

4. Evaluación de las pruebas

El orden de clasificación y el ganador del concurso se determinará en función del tiempo empleado por cada mR en salir del laberinto.

Aquellos mR que no consigan salir del laberinto se ordenarán en función del siguiente criterio, y por este orden (sólo en caso de desempate):

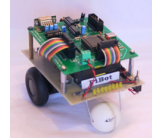
- distancia (en casillas) a la que se ha quedado de la salida del laberinto medida por el camino más corto
- haber pasado cerca de la salida
- capacidad de detección de salidas y agilidad de movimientos.

La decisión de los jueces será inapelable en todos los casos.

5. Los equipos participantes

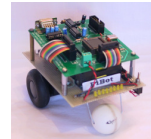
Los equipos podrán estar formados por un máximo de cuatro personas de las cuales una hará de portavoz y será la encargada de manejar el mR durante el desarrollo de las pruebas. Sólo este miembro del equipo podrá estar acreditado por la organización para entrar en el área de concurso, no pudiéndolo hacer el resto.





4. PRESUPUESTO





1. Coste material

1.1 Estructura

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	TOTAL
1	Placa de fibra de vidrio 10 x 16 cms	1,60 €	€1,60
4	Separadores metálicos M3	0,40 €	€1,60
8	Diodos LED 3mm	0,30 €	€2,40
1	Pelota de ping-pong + alambre	0,30 €	€0,30
Total			€5,90

1.2 Sensores

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	TOTAL
3	Sensores GP 2D12	20,40 €	€61,20
3	Soporte L para sensores	1,00 €	€3,00
3	Cable conexión sensor	0,20 €	€0,60
Total			€64,80

1.3 Motores

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	TOTAL
1	Driver L293B	6,00 €	€6,00
2	Motores de CC	1,00 €	€2,00
2	Caja reductora	2,00 €	€4,00
Total			€12,00

1.4 Microcontrolador

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	TOTAL
1	Microcontrolador 68HC811E2	15,00 €	€15,00
1	Placa de fibra de vidrio 10 x 11.5 cms	1,50 €	€1,50
1	Adaptador MAX-232	1,00 €	€1,00
1	Adaptador sub-d 15 pin H-H	2,40 €	€2,40
2	Bus 16 conductores	0,70 €	€1,40
1	Otros componentes (resistencias, condensadores)	0,30 €	€0,30
1	Circuito de reset y reloj del microcontrolador	3,00 €	€3,00
Total			€24,60





1.5 Alimentación

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	TOTAL
6	Pila NIMH 1V6 1.6AH	3,00 €	€18,00
1	Regulador 7805	0,30 €	€0,30
1	Interruptor de palanca	0,80 €	€0,80
Total			€19,10

2. Costes por personal

Para calcular el coste por personal se ha estimado un tiempo total para el diseño y construcción del micro-robot de 6 meses, más otros 3 meses para la redacción del presente proyecto a razón de 3 horas por día de media.

Hº Horas	DESCRIPCIÓN	PRECIO POR HORA	TOTAL
810	Ingeniería	125,00 €	€101.250,00
		18% IVA	€18.225,00
Total			€119.475,00

3. Presupuesto final del proyecto

COSTES	PRECIO POR UNIDAD	TOTAL
Coste material	126,40 €	€126,40
Coste por personal	119.475,00 €	€119.475,00
Total		€119.601,40

El presupuesto total del proyecto asciende a la cantidad de: Ciento diecinueve mil seiscientos uno euros con cuarenta céntimos de euro.

